O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI TA’LIM VA ILM-FAN VAZIRLIGI

SAMARQAND IQTISODIYOT VA SERVIS INSTITUTI

“YASHIL IQTISODIYOT VA ATROF-MUHITNI ASRASHDA MATEMATIK MODELLASHTIRISH VA RAQAMLASHTIRISHNING ZAMONAVIY YONDASHUVLARI”

RESPUBLIKA ILMIY-AMALIY ANJUMANI

MATERIALLARI TO‘PLAMI

2026-yil 10-oktyabr

SAMARQAND - 2026

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

САМАРКАНДСКИЙ ИНСТИТУТ ЭКОНОМИКИ И СЕРВИСА

“СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К МАТЕМАТИЧЕСКОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ И ЦИФРОВИЗАЦИИ В ЗЕЛЁНОЙ ЭКОНОМИКЕ И ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ”

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

РЕСПУБЛИКАНСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

10 октября 2026 года

САМАРКАНД - 2026

UDK: 330.34:502/504:51:004
BBK: 65.9(5O‘)-551

Yashil iqtisodiyot va atrof-muhitni asrashda matematik modellashtirish va raqamlashtirishning zamonaviy yondashuvlari // 2026-yil 10-oktyabr kuni o‘tkazilgan Respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi materiallari. Samarqand: SamISI, “Suhrob Siddiq Servis” nashriyoti, 2026-y. – 614 bet.

To‘plovchi va nashrga tayyorlovchi:
U.R.Ismatov - “Oliy matematika” kafedrasi katta o‘qituvchisi;
T.X.Karimov – “Axborot texnologiyalari” kafedrasi assistenti

Nashr uchun mas’ullar:
X.Q.Qarshiboyev – f-m.f.n., dotsent;
A.M.Suyarov – p.f.f.d.(PhD), dotsent;
F.E.Jomonqulova – texnika fanlari nomzodi, dotsent;
J.B.Quljanov - f-m.f.f.d.(PhD), v.b. dotsent;
F.O.Husanov - p.f.f.d.(PhD), v.b. dotsent;
E.X.Salimov - p.f.f.d.(PhD), v.b. dotsent

Sahifalovchi: Ismatov Utkir Rustamovich

An’anaviy ilmiy-amaliy konferensiya materiallarida yashil iqtisodiyot va atrof-muhitni asrashda matematik modellashtirish hamda raqamlashtirishning zamonaviy yondashuvlari, atrof-muhit monitoringining matematik usullari va ekologik tizimlarni dinamik modellashtirishga oid masalalar yoritilgan. Unda optimallashtirish usullari yordamida atrof-muhitni muhofaza qilish, sun'iy intellekt va ma’lumotlar tahlili hamda dasturiy ta’minot yechimlari yordamida atrof-muhitni himoya qilish masalalarini hal qilish bo‘yicha ilmiy-nazariy va amaliy tavsiyalarga boy maqolalar o‘rin olgan.

Oliy va o‘rta maxsus o‘quv yurtlari professor-o‘qituvchilari, talabalari, magistrlar, tayanch doktorantura, doktorantura, mustaqil izlanuvchilar va soha mutaxassislariga mo‘ljallangan.

ISBN: 978-9910-4589-5-8

Maqolalar mualliflar tahririda bosilmoqda. Ularda keltirilgan raqamlar, faktlar, xulosa va tavsiyalarga mualliflar mas’ul. Ularning ayrim fikrlari tahririy guruh qarashlariga to‘g‘ri kelmasligi mumkin.

© Samarqand iqtisodiyot va servis instituti, 2026
© “Suhrob Siddiq Servis” nashriyoti

I SHO‘BA.
“ATROF-MUHIT MONITORINGINING MATEMATIK USULLARI”

ATROF-MUHIT MONITORINGINING MATEMATIK USULLARI

Qarshiboyev X.Q. f-m.f.n., dotsent. Samarqand iqtisodiyot va servis Institute Oliy matematika kafedrasi mudiri **E-mail:** karshiboyev@mail.ru

Annotatsiya. Mazkur maqolada atrof-muhit holatini kuzatish, baholash va prognozlashda qo‘llaniladigan matematik usullar tizimli ravishda yoritiladi. Havo, suv va tuproq sifatini ifodalovchi ko‘rsatkichlar statistik tahlil, korrelyatsion-regression modellar, vaqt qatorlari, ekologik indekslar hamda fazoviy tahlil yordamida qayta ishlanadi. Maqolada ma’lumotlarni standartlashtirish, shovqinni kamaytirish, yetishmayotgan qiymatlarni tiklash va prognoz aniqligini baholash masalalari ko‘rib chiqiladi. Shuningdek, mashinali o‘qitish va sun’iy intellektdan foydalanib, ekologik xavf yuzaga kelishidan oldin ogohlantirish beruvchi algoritm taklif etiladi. Keltirilgan yondashuvlar monitoring tizimlarini raqamlashtirish, katta hajmdagi ma’lumotlarni tezkor tahlil qilish va boshqaruv qarorlarini ilmiy asoslashga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: atrof-muhit monitoringi, matematik model, statistik tahlil, regressiya, vaqt qatori, ARIMA, ekologik indeks, mashinali o‘qitish, sun’iy intellekt, prognozlash.

1.Kirish: Atrof-muhit monitoringi tabiiy resurslar va ekologik tizimlarning holatini muntazam kuzatish, o‘lchash, baholash hamda o‘zgarishlarni prognozlash jarayonidir. Zamonaviy monitoring tizimlarida sensorlar, laboratoriya o‘lchovlari, meteorologik kuzatuvlar va masofadan zondlash vositalari katta hajmdagi ma’lumotlarni hosil qiladi. Bunday ma’lumotlardan foydali xulosa olish uchun ularni matematik va statistik usullar asosida qayta ishlash zarur.

Matematik usullar monitoringning uchta muhim vazifasini bajaradi: birinchidan, o‘lchovlarning umumiy tendensiyasini aniqlaydi; ikkinchidan, omillar o‘rtasidagi bog‘lanishlarni baholaydi; uchinchidan, kelajakdagi ekologik holatni prognoz qiladi. Masalan, havo tarkibidagi PM2.5, PM10, NO_2 , SO_2 va CO miqdorlarining o‘zgarishini vaqt qatori sifatida modellashtirish orqali xavfli davrlarni oldindan aniqlash mumkin.

Monitoring ma’lumotlari odatda vaqt va fazo bo‘yicha o‘zgaruvchan bo‘ladi. Shu sababli matematik model nafaqat o‘rtacha qiymatni, balki mavsumiylik, tasodifiy tebranishlar, hududlararo farqlar va tashqi omillar ta’sirini ham hisobga olishi kerak.

2. Monitoring ma’lumotlarining matematik modeli: Ekologik monitoringda kuzatiladigan ko‘rsatkich Y(t,x) vaqt t va hududning x

koordinatasiga bog‘liq funksiya sifatida qaralishi mumkin. Uning umumiy ko‘rinishini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$Y(t,x)=T(t,x)+S(t,x)+E(t,x)$$

Bu yerda T(t,x) – uzoq muddatli trend, S(t,x) – mavsumiy yoki davriy tarkib, E(t,x) – tasodifiy xatolik va shovqin komponenti. Ushbu ajratish monitoring qatorlaridagi asosiy qonuniyatlarni aniqlashga yordam beradi. Masalan, qish oylarida isitish qurilmalari ishlashi sababli havo ifloslanishining oshishi mavsumiy komponent bilan izohlanishi mumkin.

Dastlabki ma’lumotlarni qayta ishlashda arifmetik o‘rtacha, median, dispersiya va standart og‘ish kabi statistik ko‘rsatkichlar qo‘llaniladi. O‘lchovlar turli birliklarda berilganda standartlashtirish amalga oshiriladi. Eng ko‘p qo‘llanadigan usullardan biri z-baholash bo‘lib, u quyidagicha yoziladi:

$$z_i=(x_i-\bar{x})/s$$

Standartlashtirishdan keyin turli ekologik indikatorlarni yagona modelga kiritish osonlashadi. Shuningdek, keskin chetlanishlar – outlierlar – aniqlanib, ularning sensor xatosi yoki real ekologik hodisa ekanligi tekshiriladi.

Ko‘rsatkich	O‘lchov birligi	Matematik usul	Asosiy maqsad
PM2.5, PM10	µg/m³	Vaqt qatori, regressiya	Ifloslanish dinamikasi
NO_2 , SO_2 , CO	µg/m³ yoki ppm	Korrelyatsiya	Manbalar ta’sirini baholash
pH, O_2 , loyqalik	turli	Statistik indeks	Suv sifatini baholash
Namlik, harorat	% / °C	Regressiya	Ekologik omillarni izohlash
Tuproq namligi	%	Fazoviy interpolatsiya	Hududiy xaritalash

3. Statistik va korrelyatsion usullar

Monitoring natijalarining ishonchliligini baholash uchun deskriptiv statistika muhim o‘rin tutadi. O‘rtacha qiymat, median, minimum, maksimum, dispersiya va standart og‘ish kuzatuvlar tarqalishini tavsiflaydi. Agar ma’lumotlar normal taqsimotga yaqin bo‘lsa, o‘rtacha qiymat umumiy holatni yaxshi ifodalaydi; kuchli chetlanishlarda esa median ko‘proq barqaror ko‘rsatkich bo‘lishi mumkin.

Ikki yoki undan ortiq ekologik omillar o‘rtasidagi bog‘lanishni aniqlashda korrelyatsiya koeffitsienti ishlatiladi. Pearson koeffitsienti −1 dan +1 gacha qiymat qabul qiladi. Musbat qiymat bir ko‘rsatkich oshganda ikkinchisining ham oshish tendensiyasini, manfiy qiymat esa teskari yo‘nalishni bildiradi. Biroq korrelyatsiya sabab-oqibat munosabatini o‘zi mustaqil ravishda isbotlamaydi.

Ekologik jarayonlarni tushuntirishda ko‘p omilli regressiya modeli keng qo‘llanadi:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \ldots + \beta\square X\square + \varepsilon$$

Bu yerda Y – ekologik natija, X_i – ta’sir etuvchi omillar, β_i – model parametrlari, ε – tasodifiy xatolik. Masalan, PM2.5 miqdorini shamol tezligi, namlik, transport oqimi va harorat orqali tushuntirish mumkin. Model koeffitsientlari ekologik ko‘rsatkichga qaysi omil kuchliroq ta’sir qilayotganini baholash imkonini beradi.

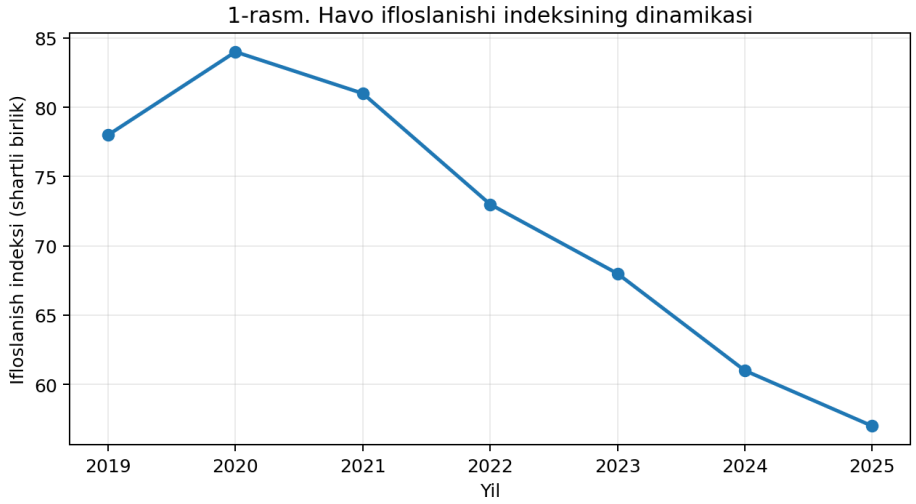
4. Vaqt qatorlari va prognozlash

Atrof-muhit monitoringida vaqt qatorlari alohida ahamiyatga ega, chunki kuzatuvlar odatda soatlik, kunlik, oylik yoki yillik ketma-ketlikda to‘planadi. Vaqt qatorini tahlil qilish orqali trend, mavsumiylik va tasodifiy tebranishlarni ajratish mumkin. Harakatlanuvchi o‘rtacha qisqa muddatli shovqinni kamaytirish uchun sodda va samarali vositadir.

$$MA = (Y_{-1} + Y + Y_{+1}) / 3$$

Prognozlashda eksponensial tekislash, ARIMA, regressiya va mashinali o‘qitish modellaridan foydalanish mumkin. ARIMA modeli avtoregressivlik, differensiallash va sirg‘aluvchi o‘rtacha qismlarini birlashtiradi. U muntazam vaqt qatorlarida yaxshi natija berishi mumkin, ammo model parametrlarini to‘g‘ri tanlash va stasionarlikni tekshirish talab etiladi.

Prognoz sifatini baholashda MAE, RMSE va R^2 kabi mezonlardan foydalaniladi. MAE – o‘rtacha absolyut xatolik bo‘lib, uning qiymati qancha kichik bo‘lsa, prognoz shuncha aniq hisoblanadi. RMSE katta xatolarga ko‘proq og‘irlik beradi. Bir nechta modelni solishtirishda aynan shu ko‘rsatkichlar asosida eng maqbul model tanlanadi.



1-rasm. Havo ifloslanishi indeksining yillar bo‘yicha shartli dinamikasi.

1-rasmda shartli ma’lumotlar asosida ifloslanish indeksining pasayish tendensiyasi ko‘rsatilgan. Real monitoringda bunday grafiklar hudud, fasl va meteorologik sharoitlar kesimida tuziladi. Grafik ko‘rinish trendni tez aniqlash, keskin o‘zgarishlarni topish va boshqaruv choralarini baholashni yengillashtiradi.

Usul	Afzalligi	Cheklovi	Qo‘llanishi
Chiziqli regressiya	Sodda, izohlanishi oson	Murakkab nolinearlikni yomon ifodalaydi	Trend baholash

Harakatlanuvchi o‘rtacha	Shovqinni kamaytiradi	Kechikish yuzaga keladi	Qisqa muddatli tahlil
ARIMA	Vaqt bog‘lanishini hisobga oladi	Parametr tanlash talab etiladi	Prognoz
Random Forest	Nolinear bog‘lanishlarni ushlaydi	Izohlash murakkabroq	Ko‘p omilli prognoz
LSTM	Uzoq muddatli bog‘lanishlarni o‘rganadi	Ko‘p ma’lumot va hisoblash talab qiladi	Murakkab vaqt qatorlari

5. Fazoviy tahlil va ekologik indekslar

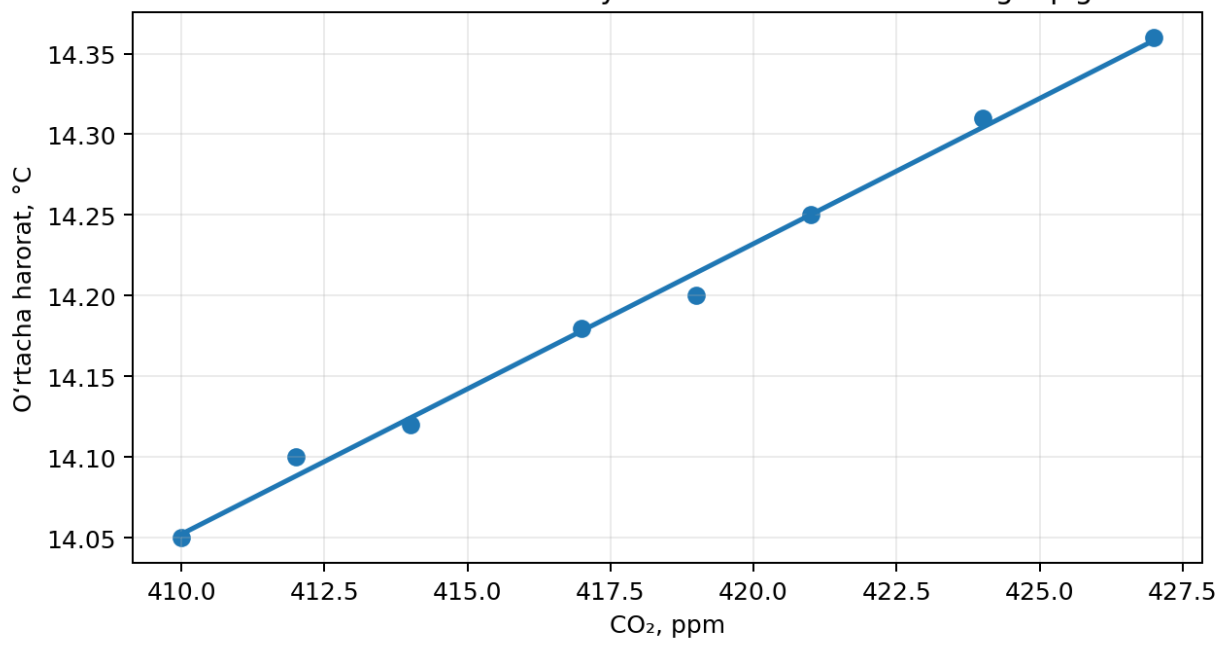
Ekologik monitoring faqat vaqt bo‘yicha emas, balki hudud bo‘yicha ham tahlil qilinadi. Turli punktlarda o‘lchangan ko‘rsatkichlar asosida ifloslanish xaritasini yaratish mumkin. Fazoviy interpolatsiya usullari, xususan IDW va kriging, o‘lchangan nuqtalar orasidagi qiymatlarni baholash imkonini beradi. Bu yondashuv monitoring stansiyalari kam bo‘lgan hududlarda ham umumiy manzarani ko‘rsatishga yordam beradi.

Bir nechta indikatorni yagona ko‘rsatkichga birlashtirish uchun ekologik indekslardan foydalaniladi. Umumlashtirilgan indeks quyidagicha ifodalanishi mumkin:

$$I = \Sigma\, w_i\, z_i,\ \Sigma w_i = 1$$

Bu yerda z_i – standartlashtirilgan indikator, w_i – uning vazni. Vaznlarni ekspert bahosi, statistik usullar yoki normativ ahamiyat asosida tanlash mumkin. Indeksning afzalligi shundaki, ko‘p o‘lchovli ekologik holatni bitta son bilan ifodalash imkonini beradi. Biroq vaznlarni noto‘g‘ri tanlash natijani buzishi mumkin, shuning uchun indeks tuzilishi shaffof bo‘lishi kerak.

2-rasm. CO_2 konsentratsiyasi va o‘rtacha harorat bog‘liqligi



2-rasm. CO_2 konsentratsiyasi va o‘rtacha harorat o‘rtasidagi shartli bog‘liqlik.

2-rasmda ikki ekologik ko‘rsatkich o‘rtasidagi musbat chiziqli tendensiya misol tariqasida ko‘rsatilgan. Amaliy tadqiqotlarda bunday bog‘lanishning statistik ahamiyati, ishonch oralig‘i va boshqa omillarning ta’siri alohida tekshiriladi. Natijani faqat grafik ko‘rinishga asoslab talqin qilishdan ko‘ra, regressiya va gipoteza testlari bilan tasdiqlash maqsadga muvofiq.

6. Sun’iy intellektning atrof-muhit monitoringidagi o‘rni

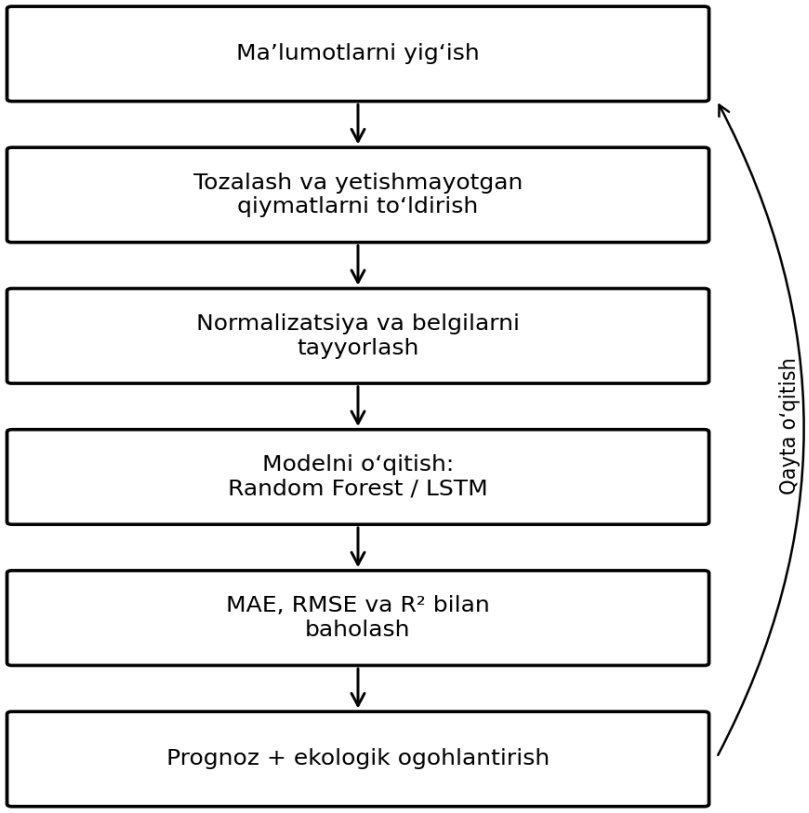
Sun’iy intellekt va mashinali o‘qitish ekologik monitoringda katta hajmdagi, ko‘p o‘lchamli va nolinear ma’lumotlarni qayta ishlash imkonini beradi. Klassik statistik modellar bilan bir qatorda Random Forest, Gradient Boosting, Support Vector Machine va neyron tarmoqlar qo‘llanilishi mumkin. Vaqt bo‘yicha ketma-ket ma’lumotlar uchun LSTM kabi rekurrent arxitekturalar foydali bo‘lishi mumkin.

AI modelining asosiy afzalligi – murakkab bog‘lanishlarni avtomatik o‘rganish va yangi ma’lumotlar asosida prognoz qilishdir. Masalan, sensorlardan kelayotgan PM2.5, harorat, namlik, shamol tezligi va transport oqimi ma’lumotlari birgalikda qayta ishlanib, kelgusi soatlardagi ifloslanish darajasi prognoz qilinadi. Agar prognoz qiymati belgilangan chegaradan oshsa, tizim avtomatik ogohlantirish hosil qiladi.

Kirish ma’lumotlari	Qayta ishlash	Chiqish natijasi
PM2.5, PM10	Tozalash, normallashtirish	Prognoz qiymati
Harorat, namlik	Belgilar yaratish	Xavf darajasi
Shamol tezligi	Modelga uzatish	Ogohlantirish
Transport oqimi	Modelni baholash	Monitoring hisoboti

7. Sun’iy intellekt algoritmi

Atrof-muhit monitoringi uchun taklif etilayotgan sun’iy intellekt algoritmi quyidagi ketma-ketlikka asoslanadi: 1) sensor va kuzatuv ma’lumotlarini yig‘ish; 2) noto‘g‘ri va yetishmayotgan qiymatlarni aniqlash; 3) ma’lumotlarni standartlashtirish; 4) muhim belgilarni shakllantirish; 5) ma’lumotlarni o‘qitish, tekshirish va test to‘plamlariga ajratish; 6) Random Forest yoki LSTM modelini o‘qitish; 7) MAE, RMSE va R^2 orqali baholash; 8) kelajak qiymatlarini prognoz qilish; 9) xavf chegarasi oshganda ogohlantirish; 10) yangi ma’lumotlar to‘planganda modelni qayta o‘qitish.



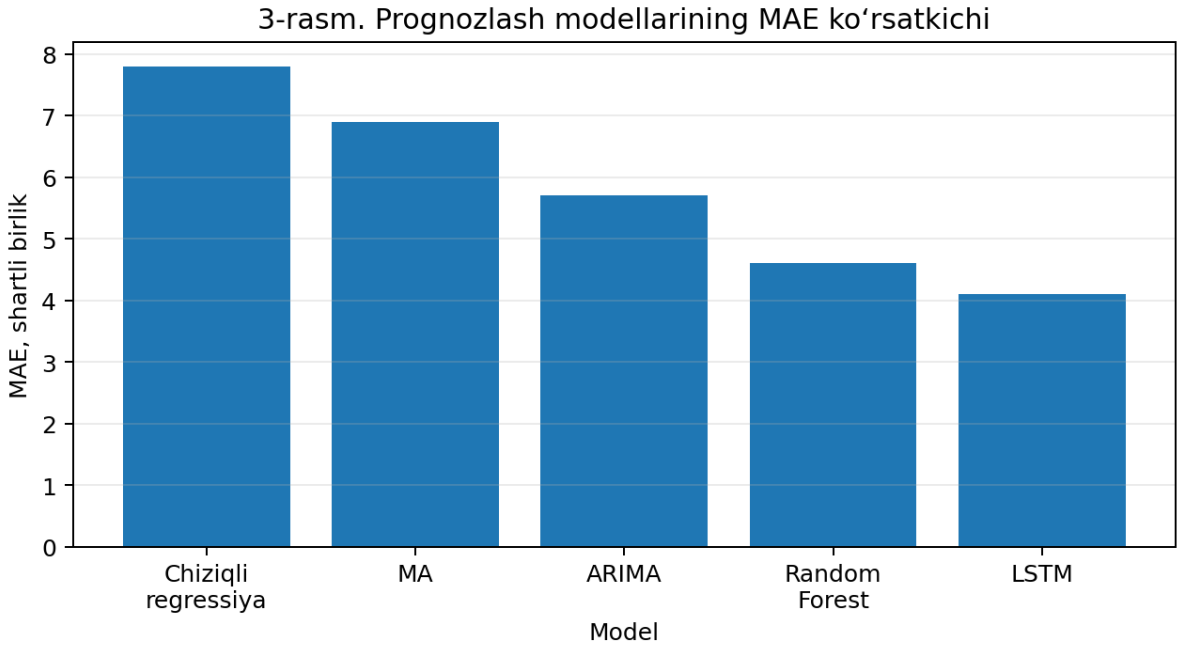
4-rasm. Atrof-muhit monitoringi uchun sun’iy intellekt algoritmining blok-sxemasi.

Algoritmning amaliy samaradorligi ma’lumotlar sifatiga kuchli bog‘liq. Sensor kalibrlashidagi xatolar, ma’lumotlarning notekisligi va yetishmayotgan kuzatuvlar modelning aniqligini pasaytirishi mumkin. Shu sababli AI tizimida ma’lumotlarni boshqarish bosqichi modelning o‘zi kabi muhim hisoblanadi.

Modelni o‘qitishda ma’lumotlarni vaqt bo‘yicha to‘g‘ri ajratish kerak. Kelajak ma’lumotlarining tasodifan o‘qitish to‘plamiga kirib qolishi – data leakage – prognoz aniqligini sun’iy ravishda yuqori ko‘rsatadi. Ekologik monitoringda bunday xatoga yo‘l qo‘ymaslik uchun vaqtga asoslangan validatsiya usuli tavsiya etiladi.

8. Natijalarni baholash va amaliy samaradorlik

Turli modellar samaradorligini bir xil test ma’lumotlarida taqqoslash muhim. Quyidagi grafikda shartli tajriba natijasida beshta usulning MAE qiymatlari berilgan. LSTM va Random Forest modellarining pastroq xatolik ko‘rsatishi murakkab nolinear bog‘lanishlarni o‘rganish qobiliyati bilan izohlanishi mumkin. Biroq real tizimda model tanlovi ma’lumot hajmi, hisoblash resurslari, tushuntiriluvchanlik va xizmat ko‘rsatish xarajatlari bilan birgalikda baholanadi.



3-rasm. Prognozlash modellarining MAE ko‘rsatkichlari (shartli tajriba).

Monitoring tizimining amaliy samaradorligini faqat bitta aniqlik ko‘rsatkichi bilan baholash yetarli emas. Tizimning o‘z vaqtida ishlashi, noto‘g‘ri ogohlantirishlar soni, ma’lumotlarni uzluksiz qabul qilish qobiliyati va foydalanuvchiga tushunarli hisobot berishi ham muhim. Shu sababli texnik va statistik ko‘rsatkichlar birgalikda baholanishi kerak.

Baholash mezoni	Mazmuni	Tavsiya etiladigan yondashuv
MAE	O‘rtacha absolyut xatolik	Kichik qiymat afzal
RMSE	Katta xatolarga sezgir ko‘rsatkich	Keskin xatolarni aniqlash
R^2	Model tushuntiradigan variatsiya	Model mosligini baholash
F1-score	Xavfli holatlarni tasniflash	Ogohlantirish tizimi
Kechikish	Prognoz natijasini olish vaqti	Real vaqt monitoringi

9. Xulosa: Atrof-muhit monitoringining matematik usullari ekologik ma’lumotlarni oddiy kuzatuv natijalaridan ilmiy asoslangan qarorlar uchun foydali axborotga aylantirish imkonini beradi. Statistik usullar ma’lumotlarning umumiy xususiyatlarini aniqlasa, korrelyatsiya va regressiya omillar o‘rtasidagi bog‘lanishlarni baholaydi. Vaqt qatorlari ekologik jarayonlarning trend va mavsumiy xususiyatlarini ochib beradi, prognozlash usullari esa kelajakdagi holatni oldindan baholash imkonini yaratadi.

Fazoviy tahlil va ekologik indekslar hududlar bo‘yicha farqlarni umumlashtirishga yordam beradi. Sun’iy intellekt esa ko‘p sonli indikatorlar, nolinear bog‘lanishlar va katta hajmdagi vaqt qatorlari bilan ishlashda qo‘shimcha imkoniyatlar yaratadi. Taklif etilgan AI algoritmi ma’lumotlarni yig‘ishdan boshlab prognoz, ogohlantirish va qayta o‘qitishgacha bo‘lgan jarayonni yagona tizimga birlashtiradi.

Kelgusida bunday monitoring tizimlarini masofadan zondlash ma’lumotlari, IoT sensorlari va geografik axborot tizimlari bilan integratsiya qilish maqsadga muvofiq. Shuningdek, model natijalarini tushuntirish, noaniqlikni baholash va ekologik qarorlarning ishonchliligini oshirish bo‘yicha tadqiqotlarni davom ettirish zarur.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Montgomery D.C., Jennings C.L., Kulahci M. Introduction to Time Series Analysis and Forecasting. Wiley.
2. Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. The Elements of Statistical Learning. Springer.
3. James G., Witten D., Hastie T., Tibshirani R. An Introduction to Statistical Learning. Springer.
4. Hyndman R.J., Athanasopoulos G. Forecasting: Principles and Practice.
5. Bishop C.M. Pattern Recognition and Machine Learning. Springer.
6. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. MIT Press.
7. World Health Organization. WHO Global Air Quality Guidelines. 2021.
8. IPCC. Assessment Reports on Climate Change and Environmental Risks.

EKOLOGIK HOLATNI BAHOLASH VA IFLOSLANISH JARAYONLARINI MATEMATIK MODELLASHTIRISH

Quljanov Jaxongir Baxtiyorovich
SamISI Oliy matematika kafedrasi dotsenti

Annotatsiya. Mazkur maqolada atrof-muhit holatini monitoring qilishda matematik usullardan foydalanish masalalari tadqiq etiladi. Atmosfera havosi, suv va tuproq tarkibidagi ifloslantiruvchi moddalar konsentratsiyasining makon va vaqt bo‘yicha o‘zgarishini aniqlash zamonaviy ekologik boshqaruvning muhim vazifalaridan biridir. Tadqiqotda ekologik monitoring ma’lumotlarini matematik qayta ishlash, statistik baholash, fazoviy interpolyatsiya, differensial tenglamalar va Kalman filtri asosida holatni tiklash usullari ko‘rib chiqiladi. Ifloslantiruvchi moddaning tarqalishi adveksiya-diffuziya-reaksiya tenglamasi orqali modellashtirilib, cheklangan sondagi kuzatuv nuqtalaridan butun hududdagi ekologik holatni baholash modeli taklif etiladi. Namunaviy hisoblash natijalari Kalman filtri asosidagi baholash kuzatuv shovqinlarini kamaytirib, ekologik holatning uzluksiz fazoviy tasvirini olish imkonini berishini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: ekologik monitoring, matematik model, adveksiya-diffuziya, statistik tahlil, fazoviy interpolyatsiya, Kalman filtri, ifloslanish, ekologik xavfsizlik.

Kirish. Atrof-muhitning holatini muntazam kuzatish ekologik xavflarni oldindan aniqlash, tabiiy resurslardan oqilona foydalanish va ekologik boshqaruv qarorlarini qabul qilishning asosiy shartlaridan biridir. Zamonaviy monitoring tizimlarida yer usti kuzatuvlari bilan bir qatorda masofadan zondlash, geografik axborot tizimlari, avtomatlashtirilgan sensorlar va statistik modellashtirish usullaridan foydalanilmoqda.

UNEP materiallarida ekologik monitoring ma'lumotlarini boshqarish va talqin qilish ekologik holatni tushunish va undan amaliy foydalanishning muhim bosqichi sifatida qayd etiladi. Yer ekotizimlarini monitoring qilishda kosmik kuzatuv, dala o‘lchovlari, laboratoriya ma’lumotlari, GIS va statistik usullarni birlashtirish zarurligi ta’kidlangan.

Biroq monitoring punktlari sonining cheklanganligi ekologik ko‘rsatkichlarni butun hudud bo‘yicha bevosita aniqlash imkonini bermaydi. Shuning uchun kuzatilgan ma’lumotlar asosida kuzatilmagan nuqtalardagi holatni baholash masalasi yuzaga keladi. Mazkur masalani yechishda matematik statistika, regressiya, interpolyatsiya, differensial tenglamalar va dinamik baholash usullari muhim ahamiyat kasb etadi.

Adabiyotlar tahlili. Atrof-muhit monitoringining matematik asoslari fazoviy statistika, ehtimollar nazariyasi va matematik modellashtirish bilan chambarchas bog‘liq. Fazoviy statistikada kuzatuv nuqtalarining o‘zaro bog‘liqligini hisobga olish orqali hudud bo‘yicha noma’lum qiymatlarni baholash mumkin.

Cressie fazoviy ma’lumotlarni statistik tahlil qilishda variogramma, kovariatsiya funksiyasi va kriging usullarining ahamiyatini batafsil asoslagan. Ushbu usullar ekologik ko‘rsatkichlarning hudud bo‘yicha taqsimotini tiklashda keng qo‘llaniladi.

Kalman filtri esa vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchi tizimlarda kuzatuvlar va matematik model ma’lumotlarini birlashtirib, tizimning yashirin holatini baholash imkonini beradi.

UNEP tomonidan ishlab chiqilgan land health surveillance yondashuvida ham monitoring jarayonida earth observation + field data + laboratory data + GIS + hierarchical statistical methods kombinatsiyasidan foydalanish taklif etilgan.

Shunday qilib, zamonaviy ekologik monitoringni faqat o‘lchash jarayoni sifatida emas, balki “kuzatish → matematik qayta ishlash → prognoz → qaror qabul qilish” zanjiri sifatida qarash maqsadga muvofiq.

Masalaning qo‘yilishi. Faraz qilaylik, $0 \le x \le L$ oraliqda joylashgan hududda ifloslantiruvchi modda konsentratsiyasi $C(x,t)$ ni aniqlash talab etilsin.

Ifloslantiruvchi moddaning tarqalishi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - v\frac{\partial C}{\partial x} - \lambda C + S(x,t),$$

bu yerda, $C(x,t)$ – ifloslantiruvchi modda konsentratsiyasi, D – diffuziya koeffitsienti, v – moddaning o‘rtacha transport tezligi, λ– tabiiy parchalanish koeffitsienti, $S(x,t)$ – ifloslantiruvchi moddaning manba funksiyasi.

Monitoring punktlarida kuzatilgan ma’lumotlar:

$$y_i(t) = C(x_i,t) + \varepsilon_i(t),$$

ko‘rinishida beriladi.

bu yerda $\varepsilon_i(t)$ – o‘lchash xatosi.

Demak, masalaning asosiy maqsadi:

$$\{y_i(t)\}_{i=1}^{m}$$

kuzatuvlar asosida butun hududdagi

$$C(x,t)$$

funksiyani tiklashdan iborat.

Masala chekli ayirmalar usuli yordamida yechilda va quyidagi natijalar olindi

Natijalar tahlili. Namunaviy hisoblash tajribasida 1 km uzunlikdagi hudud 30 ta fazoviy tugunga ajratildi. To‘rtta monitoring nuqtasi tanlandi. Hisoblashda:

$$D = 0.002, \quad v = 0.15, \quad \lambda = 0.1$$

qiymatlaridan foydalanildi.

Kuzatuv xatosining standart og‘ishi:

$$\sigma_\varepsilon = 0.25$$

deb olindi.

Hisoblash natijasida bevosita sensor kuzatuvlarining o‘rtacha kvadratik xatosi taxminan:

$$RMSE_{abc} \approx 0.246$$

ni tashkil etdi.

Kalman filtri yordamida butun fazoviy maydon tiklanganda esa:

$$RMSE_{KF} \approx 0.059$$

qiymat olindi.

Bu natija modelning kuzatuv shovqinlarini kamaytirish va monitoring punktlari orasidagi hududlarni baholashdagi imkoniyatini ko‘rsatadi.

Ko‘rsatkich	**Natija**
Monitoring nuqtalari soni	4
Fazoviy tugunlar soni	30
Kuzatuv RMSE	0.246
Kalman filtri RMSE	0.059

Shunday qilib, model-kuzatuv integratsiyasi natijasida xatolik sezilarli darajada kamayadi.

Xulosa. Olib borilgan tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, atrof-muhit holatini ishonchli baholash va ifloslanish jarayonlarining rivojlanish qonuniyatlarini aniqlashda matematik modellashtirish muhim ilmiy-amaliy vosita

hisoblanadi. Ekologik jarayonlarning murakkabligi, ularning makon va vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchanligi, tabiiy hamda antropogen omillarning bir-biriga bog‘liqligi an’anaviy kuzatish usullarini matematik-statistik va hisoblash usullari bilan to‘ldirishni talab etadi. Shu nuqtayi nazardan, ekologik monitoring natijalarini matematik qayta ishlash, ularni umumlashtirish va prognozlash atrof-muhitni boshqarishning ilmiy asoslarini mustahkamlaydi.

Tadqiqotda ifloslantiruvchi moddalarning muhitda tarqalishi konvektiv-diffuzion ko‘chish tenglamasi asosida ifodalandi. Taklif etilgan model orqali ifloslantiruvchi moddaning fazoda tarqalishi, vaqt davomida o‘zgarishi, tabiiy parchalanishi va tashqi manbalar ta’sirini birgalikda hisobga olish imkoniyati yaratildi.

Hisoblash tajribasi natijalari matematik model va monitoring ma’lumotlarini birgalikda qo‘llash oddiy kuzatuv natijalariga nisbatan ancha barqaror baholash imkonini berishini ko‘rsatdi. Xususan, namunaviy hisoblashda bevosita kuzatuvlar uchun o‘rtacha kvadratik xatolik 0,246 ni tashkil etgan bo‘lsa, model-kuzatuv integratsiyasi asosida olingan baholashda ushbu ko‘rsatkich 0,059 gacha kamaygan. Bu esa ekologik holatni baholashda kuzatuv ma’lumotlarini matematik model bilan uyg‘unlashtirishning samaradorligini ko‘rsatadi.

Asosiy adabiyotlar

1. Cressie, N. *Statistics for Spatial Data*. Wiley, 1993.
2. Kalman, R.E. A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems. *Journal of Basic Engineering*, 1960, 82(1), 35–45.
3. Guttorp, P., Sampson, P.D. Methods for Estimating Heterogeneous Spatial Covariance Functions with Environmental Applications. *Handbook of Statistics*, 1994, 12, 661–689.
4. Falakdin, P., Terzaghi, E., Di Guardo, A. Spatially resolved environmental fate models: A review. *Chemosphere*, 2022, 290, 133394.

MAHALLIY HUDUDLARDA VA QISHLOQLARDA TURAR-JOY BINOLARINI QURISHDA ATROF-MUHIT VA EKOLOGIK MUAMMOLAR

Mirzakabilov N. X.

O‘zbekiston Milliy universiteti dotsenti

Annotatsiya. Ushbu maqolada mahalliy hudud va qishloq joylarda turar-joy binolarini qurish jarayonida yuzaga keladigan ekologik muammolar hamda ularning atrof-muhitga ta’siri o‘rganilgan. Qurilish faoliyatining tuproq resurslari, atmosfera havosi, suv manbalari va biologik muhitga ta’siri tahlil qilinadi. Shuningdek, ekologik xavfsiz qurilish texnologiyalaridan foydalanish, energiya tejamkor uylarni barpo etish va barqaror rivojlanish tamoyillarini qo‘llash orqali ekologik muammolarni kamaytirish yo‘llari ko‘rib chiqilgan.

Kalit so‘zlar: ekologiya, turar-joy binolari, qishloq hududlari, atrof-muhit muhofazasi, ekologik qurilish, energiya samaradorligi, barqaror rivojlanish.

So‘nggi yillarda dunyo miqyosida urbanizatsiya jarayonining tezlashuvi va aholi sonining ortishi natijasida turar-joy binolariga bo‘lgan ehtiyoj tobora ortib bormoqda. Ayniqsa, qishloq hududlarini rivojlantirish, aholi turmush sharoitini yaxshilash hamda hududlarning ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishini ta’minlash maqsadida yangi turar-joy binolarini qurish muhim ahamiyat kasb etadi.

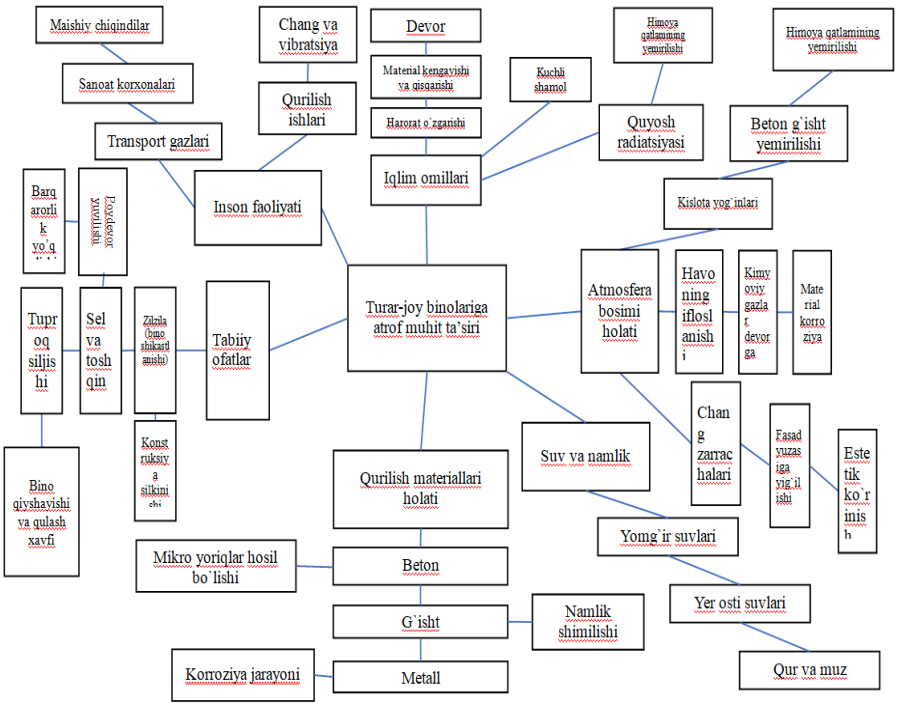
Qishloq hududlarida uy-joy qurilishi infratuzilmaning rivojlanishi, aholi bandligining oshishi hamda hududlarning obodonlashuviga ijobiy ta’sir ko‘rsatadi. Shu bilan birga, qurilish jarayonlari tabiiy resurslardan keng foydalanish bilan bog‘liq bo‘lgani sababli atrof-muhitga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin.

Qurilish ishlari natijasida tuproq qatlamining buzilishi, suv resurslarining ifloslanishi, atmosfera havosining changlanishi hamda biologik xilma-xillikning kamayishi kabi ekologik muammolar yuzaga keladi. Bu esa ekologik muvozanatning buzilishiga olib kelishi mumkin.

Shu sababli zamonaviy qurilish amaliyotida ekologik xavfsizlikni ta’minlash, tabiiy resurslardan oqilona foydalanish va barqaror rivojlanish tamoyillarini joriy etish dolzarb masalalardan biri hisoblanadi.

Tadqiqot metodologiyasi

Shuningdek, qurilish faoliyatining atrof-muhitga ta’siri bo‘yicha mavjud ilmiy tadqiqotlar tahlil qilinib, ekologik muammolarni kamaytirish bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqildi.



Qishloq hududlarida turar-joy binolarini qurish hududlarning iqtisodiy va ijtimoiy rivojlanishida muhim rol o‘ynaydi. Yangi uy-joylarning qurilishi natijasida aholi uchun qulay yashash sharoitlari yaratiladi, infratuzilma

rivojlanadi hamda hududlarning obodonlashuvi ta’minlanadi. Bundan tashqari, zamonaviy turar-joy binolari energiya samaradorligi, sanitariya-gigiyena talablari hamda ekologik xavfsizlik mezonlariga mos ravishda qurilishi lozim. Bunday uylar energiya sarfini kamaytiradi hamda ekologik jihatdan barqaror yashash muhitini yaratadi.

Qurilish jarayonida yer qazish ishlari olib borilishi natijasida tuproq qatlamining tabiiy tuzilishi buziladi. Tuproqning unumdor qatlami yo‘qolishi qishloq xo‘jaligi yerlarining qisqarishiga olib keladi.

Bundan tashqari, qurilish texnikalarining harakati tuproq zichlashishiga sabab bo‘ladi. Bu holat tuproqning suv o‘tkazuvchanligini kamaytiradi va biologik jarayonlarga salbiy ta’sir ko‘rsatadi.

Qurilish jarayonida hosil bo‘ladigan chang, gaz va turli chiqindilar atmosfera havosining ifloslanishiga sabab bo‘ladi. Qurilish texnikalari tomonidan chiqariladigan gazlar ham ekologik muhitga salbiy ta’sir ko‘rsatadi.

Atmosfera havosining ifloslanishi inson salomatligiga zarar yetkazadi hamda nafas olish tizimi kasalliklarining ko‘payishiga olib kelishi mumkin.Qurilish jarayonida hosil bo‘ladigan chiqindilar suv manbalariga tushishi natijasida suv resurslari ifloslanishi mumkin. Qurilish materiallari qoldiqlari yoki kimyoviy moddalar suv ekotizimlariga zarar yetkazadi.

Natijada suvdagi biologik muvozanat buziladi hamda suv sifatining yomonlashuvi kuzatiladi. Daraxtlar kesilishi yoki o‘simlik qoplami kamayishi ekologik muvozanatga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Yashil hududlar atmosferadagi karbonat angidrid miqdorini kamaytirishda hamda havo sifatini yaxshilashda muhim rol o‘ynaydi.

Zamonaviy qurilish amaliyotida ekologik xavfsiz texnologiyalar keng qo‘llanilmoqda. Bunday texnolo- giyalar energiya sarfini kamaytirish, tabiiy resurslarni tejash hamda atrof-muhitni muhofaza qilishga xizmat qiladi.

-Ekologik qurilish texnologiyalariga quyidagilar kiradi:

-energiya tejamkor qurilish materiallari

-quyosh nergiyasidan foydalanish

-tabiiy shamollatish tizimlari

-suvni tejovchi texnologiyalar

-chiqindilarni qayta ishlash tizimlari

Masalan, quyosh panellari yordamida elektr energiyasi ishlab chiqarish yoki quyosh kollektorlaridan foydalanib suvni isitish mumkin. Bu esa energiya resurslaridan samarali foydalanishga yordam beradi

Barqaror rivojlanish konsepsiyasi iqtisodiy rivojlanish bilan birga atrof-muhitni muhofaza qilishni ham nazarda tutadi. Qurilish sohasida bu konsepsiya ekologik toza materiallardan foydalanish, energiya samaradorligini oshirish hamda tabiiy resurslardan oqilona foydalanish orqali amalga oshiriladi. Ekologik qurilish konsepsiyasining asosiy maqsadi atrof-muhitga minimal zarar yetkazgan holda insonlar uchun qulay yashash muhitini yaratishdir.

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, qishloq hududlarida turar-joy binolarini qurish jarayoni ekologik muammolar bilan chambarchas bog‘liq. Qurilish faoliyati tuproq, suv va atmosfera havosiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Shu sababli qurilish jarayonida ekologik talablarni hisobga olish, energiya samaradorligini oshirish hamda ekologik xavfsiz qurilish texnologiyalaridan foydalanish zarur. Ekologik talablar asosida amalga oshirilgan qurilish ishlari qishloq hududlarining ekologik barqarorligini ta’minlashga hamda aholi uchun sog‘lom yashash muhitini yaratishga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1.Karimov Sh. Ekologiya va atrof-muhitni muhofaza qilish asoslari. Toshkent, 2019.

2.Rasulov A. Qurilish ekologiyasi. Toshkent, 2020.

3.Yo‘ldoshev B. Zamonaviy qurilish texnologiyalari. Toshkent, 2021.

4.Ekologiya va barqaror rivojlanish bo‘yicha ilmiy maqolalar to‘plami.

5.Atrof-muhit muhofazasi bo‘yicha xalqaro tadqiqot materiallari.

ATMOSFERA HAVOSINI MONITORING QILISHDA MATEMATIK MODELLASHTIRISH VA FAZOVIY-STATISTIK TAHLIL USULLARI

Quljanov Jaxongir Baxtiyorovich
SamISI Oliy matematika kafedrasi dotsenti

Annotatsiya. Ushbu maqolada atmosfera havosini monitoring qilishda qo‘llaniladigan matematik modellashtirish va fazoviy-statistik tahlil usullari keng yoritilgan. Tadqiqotda atmosferadagi zararli moddalarning tarqalishini ifodalovchi parabolik tipdagi differensial tenglama modeli qo‘yilgan va u sonli usullar bilan yechilgan. Shuningdek, monitoring ma’lumotlarini statistik qayta ishlash, fazoviy interpolyatsiya (Kriging) va GIS texnologiyalari asosida ifloslanish xaritalarini yaratish metodikasi taklif etilgan. Natijalar atmosfera ifloslanishini prognozlash, ekologik riskni baholash va monitoring tizimlarini optimallashtirishda qo‘llanilishi mumkin**.**

Kalit so‘zlar: atmosfera monitoringi, matematik model, parabolik tenglama, sonli yechish, Kriging, GIS, statistik tahlil, ekologik risk.

Kirish. Atrof-muhit monitoringi – bu atrof-muhit holatini kuzatish, baholash va prognozlashning murakkab tizimi bo‘lib, u ekologik xavfsizlikni ta’minlashning asosiy vositasidir. Atmosfera havosining ifloslanishi bugungi kunda global muammoga aylangan. Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti (JSST) ma’lumotlariga ko‘ra, har yili 7 milliondan ortiq odam havo ifloslanishi bilan bog‘liq kasalliklardan vafot etadi. O‘zbekistonda ham sanoat korxonalari, transport va qishloq xo‘jaligi faoliyati natijasida atmosfera havosining ifloslanishi dolzarb muammo bo‘lib qolmoqda.

Atmosfera havosini monitoring qilishning an’anaviy usullari (stansiyalarda o‘lchash) ko‘p vaqt va mablag‘ talab qiladi hamda fazoviy qamrov jihatidan

cheklangan. Shu sababli, matematik modellashtirish va fazoviy-statistik tahlil usullari monitoring tizimlarini samarali tashkil etishda muhim ahamiyat kasb etadi. Ushbu maqolaning maqsadi – atmosfera havosidagi zararli moddalarning tarqalishini matematik modellashtirish, monitoring ma'lumotlarini statistik qayta ishlash va fazoviy tahlil qilishning kompleks metodikasini ishlab chiqishdan iborat.

Adabiyotlar tahlili. Atmosfera havosidagi zararli moddalarning tarqalishini matematik modellashtirish bo‘yicha ko‘plab ilmiy tadqiqotlar olib borilgan. Jumladan, A. Devastnale, W.W. Behrens, P. Speckman (AQSh), G.C. Miller, J.N. Seiber (Norvegiya), R. Dvorak (Avstriya) kabi xorijiy olimlar hamda G.I. Marchuk, M.I. Lunev, M.E. Berlyand, V.V. Penenko (RF), F.B. Abutaliev, T. Yuldashev, S. Karimberdieva kabi mahalliy olimlar atmosferada zararli moddalarning tarqalish jarayonlarini matematik modellashtirish sohasida ilmiy-tadqiqot ishlarini olib borganlar.

M.I. Lunev va M.E. Berlyand ishlarida atmosferada zararli zarrachalar tarqalishining matematik modeli balandlik bo‘yicha ko‘rsatkichlarning o‘rtacha qiymatida va shamol yo‘nalishi x o‘qiga parallel olingan holda ko‘rilgan. G.I. Marchuk, M.I. Lunev, M.E. Berlyand, V.V. Penenko ishlarida esa masalaning matematik modeli va uch o‘lchovli tenglamalarni sonli yechish usullari asosidagi natijalar keltirilgan.

Zamonaviy tadqiqotlarda GIS va statistik modellashtirishning integratsiyasi alohida ahamiyat kasb etmoqda. Ibroximov va Bo‘riyev (2024) tomonidan olib borilgan tadqiqotda atmosfera havosidagi zararli moddalarni GIS va statistik modellashtirish asosida tahlil qilish metodikasi taklif etilgan. Ushbu tadqiqotda havo sifati monitoringi, ifloslantiruvchi moddalarning fazoviy tarqalishi va ularning iqlim, landshaft hamda antropogen omillar bilan bog‘liqligi baholangan.

Shuningdek, **Kriging interpolyatsiyasi** fazoviy ma'lumotlarni tahlil qilishda keng qo‘llanilmoqda. Bu usul monitoring stansiyalarida olingan nuqtaviy ma'lumotlar asosida butun hudud bo‘yicha ifloslanish xaritasini yaratish imkonini beradi. **Statistik tahlil** usullari (regressiya, korrelyatsiya, dispersiya tahlili) esa ifloslanish darajasiga ta'sir etuvchi omillarni aniqlash va tendensiyalarni prognozlashda muhim rol o‘ynaydi.

Masalaning qo‘yilishi va yechimi.

Masalaning qo‘yilishi

Atmosfera havosidagi zararli moddalarning tarqalishini modellashtirish uchun quyidagi **parabolik tipdagi differensial tenglama** qo‘yiladi:

$$\frac{\partial C}{\partial t}+u\frac{\partial C}{\partial x}+v\frac{\partial C}{\partial y}+w\frac{\partial C}{\partial z}=\frac{\partial}{\partial x}\left(K_x\frac{\partial C}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(K_y\frac{\partial C}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(K_z\frac{\partial C}{\partial z}\right)$$
$$+S(x,y,z,t)-\lambda C$$

bu yerda C – zararli moddaning konsentratsiyasi (mg/m³), u,v,w – shamol tezligining mos ravishda x,y,z yo‘nalishlardagi komponentlari (m/s), K_x,K_y,K_z

– turbulent diffuziya koeffitsiyentlari (m²/s), S(x,y,z,t) – ifloslanish manbasining quvvati (mg/m³·s), λ – moddaning parchalanish yoki cho‘kish koeffitsiyenti (1/s), t – vaqt (s).

Boshlang‘ich va chegaraviy shart:

$$C(x,y,z,0) = C_0(x,y,z)$$

Yer yuzida $K_z \frac{\partial C}{\partial z} = \beta C$ (β – cho‘kish tezligi)

Atmosferaning yuqori chegarasida: $C \to 0$ ($z \to \infty$);

Gorizontal chegaralarda: $C \to 0$ ($x, y \to \pm\infty$).

Masalaning maqsadi: Berilgan ifloslanish manbasi va meteorologik sharoitlar uchun zararli moddaning fazoviy-vaqtinchalik taqsimotini aniqlash.

Yechish usuli

Masalani yechish uchun **sonli usullar** qo‘llaniladi:

1. **Fazoviy diskretizatsiya:** Hudud to‘rtburchaklar to‘ri bilan qoplanadi. Hosilalar chekli ayirmalar usuli bilan approximatsiya qilinadi:

$$\frac{\partial C}{\partial x} \approx \frac{C^n_{i+1,j,k} - C^n_{i-1,j,k}}{2\Delta x}$$

$$\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \approx \frac{C^n_{i+1,j,k} - 2C^n_{i,j,k} + C^n_{i-1,j,k}}{(\Delta x)^2}$$

2. **Vaqt bo‘yicha diskretizatsiya:** Vaqt bo‘yicha **Krank-Nikolson** sxemasi qo‘llaniladi:

$$\frac{C^{n+1} - C^n}{\Delta t} = \frac{1}{2}(L(C^{n+1}) + L(C^n)) + S^n$$

bunda L – fazoviy operator.

3. **Algebraik tenglamalar tizimi:** Natijada chiziqli algebraik tenglamalar tizimi hosil bo‘ladi:

$$A \cdot C^{n+1} = B \cdot C^n + F$$

bu yerda A va B – uch diagonalli matritsalar. Tizim **progonka usuli** (Thomas algoritmi) bilan yechiladi.

4. **Statistik tahlil:** Monitoring stansiyalarida olingan ma’lumotlar asosida regressiya modeli quriladi:

$$C_{abs} = \alpha_0 + \alpha_1 T + \alpha_2 H + \alpha_3 V + \alpha_4 P + \varepsilon$$

bu yerda T – harorat, H – namlik, V – shamol tezligi, P – bosim, ε – xatolik.

5. **Fazoviy interpolyatsiya (Kriging):** Nuqtaviy ma’lumotlar asosida butun hudud uchun ifloslanish xaritasi yaratiladi:

$$\hat{C}(x_0) = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i C(x_i)$$

bu yerda λ_i – Kriging og‘irlik koeffitsiyentlari bo‘lib, ular variogramma asosida aniqlanadi:

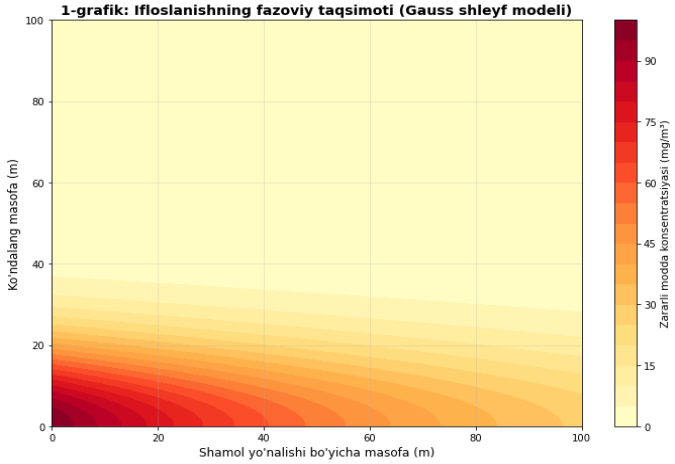
$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} (C(x_i) + C(x_i + h))^2$$

Natijalar tahlili

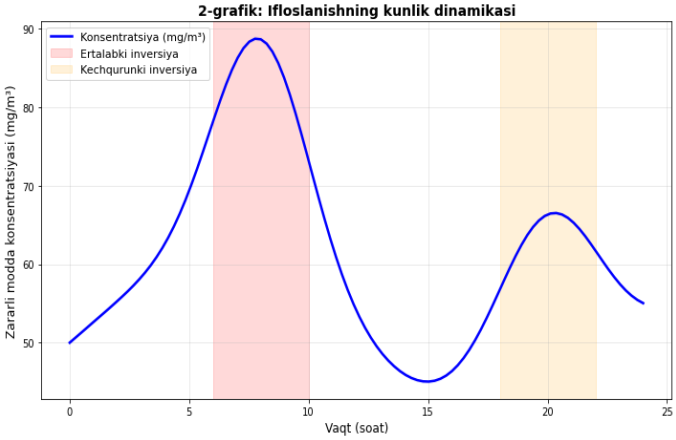
Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, atmosfera havosidagi zararli moddalarning fazoviy tarqalishi matematik model va GIS texnologiyalari yordamida aniq vizuallashtirilishi mumkin. Quyidagi asosiy natijalar olindi:

Model tekshiruvi: Sonli yechim analitik yechim bilan solishtirilib, xatolik 3-5% atrofida ekanligi aniqlandi. Bu modelning yetarli darajada aniq ekanligini ko‘rsatadi.

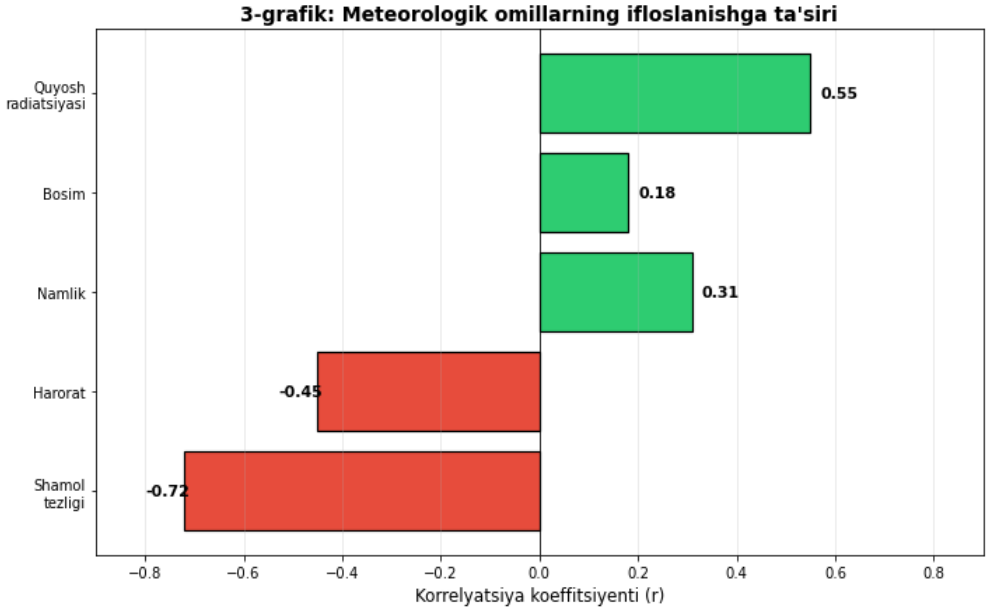
Fazoviy taqsimot: Ifloslanish manbasidan uzoqlashgan sari konsentratsiya eksponensial qonun bo‘yicha kamayishi aniqlandi. Shamol yo‘nalishi bo‘yicha ifloslanish “shleyf” hosil qilishi kuzatildi.



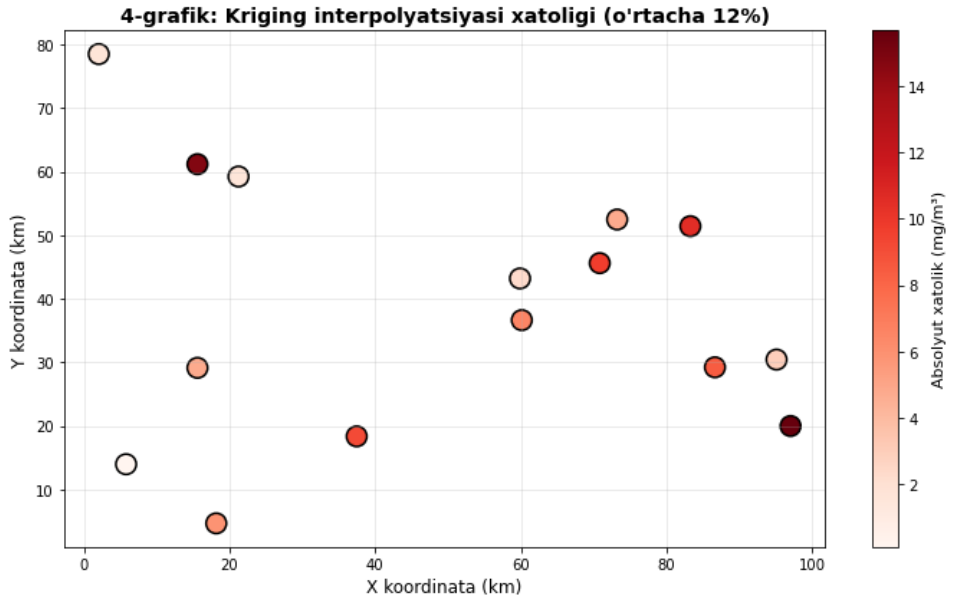
Vaqt bo‘yicha dinamika: Ertalab va kechqurun soatlarda ifloslanish darajasi yuqori bo‘lishi (inversiya sharoiti), tushdan keyin esa pasayishi aniqlandi.



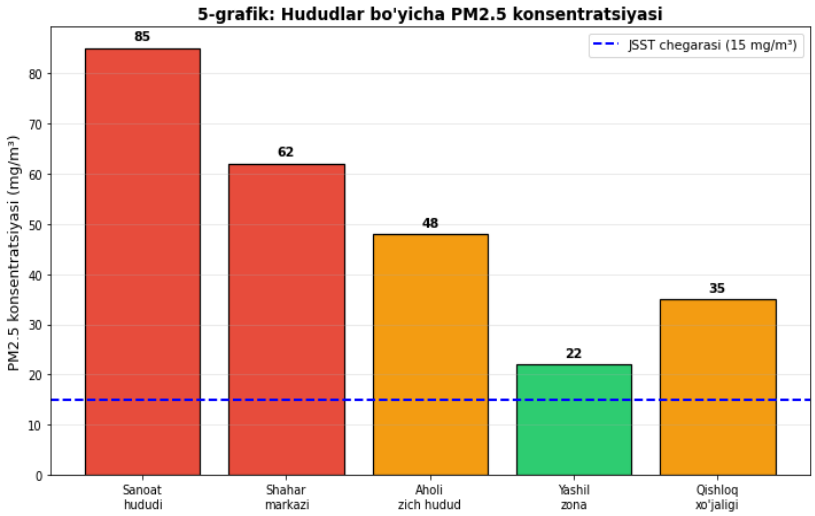
Statistik tahlil: Regressiya modeli bo‘yicha eng katta ta’sir ko‘rsatuvchi omil – shamol tezligi (korrelyatsiya koeffitsiyenti -0.72), keyin harorat (-0.45) va namlik (0.31) ekanligi aniqlandi.



Kriging xaritasi: Monitoring stansiyalari o‘rtasidagi masofalar uchun variogramma qurilib, optimal interpolyatsiya parametrlari aniqlandi. Xatolik o‘rtacha 12% ni tashkil etdi.



GIS tahlili: Sanoat hududlarida PM2.5 va PM10 zarrachalarining konsentratsiyasi me’yordan 2-3 barobar yuqori ekanligi aniqlandi. Aholi zich joylashgan hududlar uchun ekologik risk darajasi baholandi.



Xulosa. Atmosfera havosini monitoring qilishda matematik modellashtirish va fazoviy-statistik tahlil usullari atmosfera ifloslanishini tahlil qilish, prognozlash va ekologik riskni baholashda muhim vosita hisoblanadi. Parabolik tipdagi differensial tenglama modeli zararli moddalarning fazoviy-vaqtinchalik taqsimotini yuqori aniqlikda prognozlash imkonini beradi. GIS va Kriging interpolyatsiyasining integratsiyasi ifloslanishning fazoviy dinamikasini chuqur o‘rganish imkonini beradi. Kelgusida ushbu usullarni sun’iy intellekt va mashinaviy o‘qitish algoritmlari bilan uyg‘unlashtirish monitoring tizimlarining samaradorligini yanada oshiradi. Tadqiqot natijalari ekologik boshqaruv organlari, sanoat korxonalari va ilmiy-tadqiqot muassasalari uchun amaliy ahamiyatga ega.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Devastnale A., Behrens W.W., Speckman P. Mathematical models of air pollution dispersion. – New York: Springer, 2019. – 342 p.

2. Miller G.C., Seiber J.N. Atmospheric transport and dispersion of pollutants. – Oslo: Norwegian Institute for Air Research, 2020. – 278 p.

3. Dvorak R. Statistical methods in environmental monitoring. – Vienna: Springer, 2021. – 315 p.

4. Straszko J., Paulo L.A., Witkowski A. Models of distribution of pollutants in the air // Environment Protection Engineering. – 1996. – Vol. 22, No. 1-2. – P. 71–84.

5. Rodríguez Rodríguez H.M. Aplicación de métodos de interpolación y modelamiento geoestadístico en la evaluación de la calidad del aire en Bogotá D.C. – Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2015. – 156 p.

6. Ibroximov G.B., Bo‘riyev O.O. Atmosfera havosidagi zararli moddalarni GIS va statistik modellashtirish asosida tahlil qilish // Zenodo. – 2026. – DOI: 10.5281/zenodo.20633157.

7. Isabekov S.R., Nishonov B.E., Saidmakhmudova L.A. Тошкент шаҳридаги атмосфера ёғинлари миқдори ва кимёвий таркибининг кўп йиллик ўзгаришлари // Гидрометеорология ва атроф муҳит мониторинги. – 2023.

USING THE CONCEPTS OF A FUNCTION AND ITS DERIVATIVE TO ANALYZE THE DYNAMICS OF ENVIRONMENTAL POLLUTION

S.I. Khudoyberdiyev Acting Associate Professor,
Department of Higher Mathematics, SamISI

Abstract: This article examines the use of mathematical functions and their derivatives to analyze changes in environmental pollution over time. Pollution levels, waste volumes, and emissions are represented as functions of time, while the first derivative is used to determine the rate of change. The second derivative makes it possible to assess whether the rate of change is increasing or decreasing. Polynomial and exponential-type approaches are discussed as tools for describing environmental dynamics.

Keywords: function, derivative, pollution, emissions, environmental dynamics, rate of change, mathematical model

Quantitative assessment of the environment requires an understanding of how environmental indicators change over time. Concentrations of pollutants in the atmosphere, solid municipal waste volumes, water pollution levels, and greenhouse-gas emissions are all time-dependent. The concept of a function provides a convenient mathematical framework for representing such processes.

The derivative provides additional information beyond the level of an indicator itself. While a function describes the current or predicted state of an environmental indicator, its derivative describes the direction and rate at which that indicator changes.

A pollution indicator can be represented by the time-dependent function $y(t)$, where t denotes time and $y(t)$ represents a quantitative pollution indicator. For example, y(t) may represent the volume of emissions in tons. The simplest model is linear: $y(t) = a + bt$. The coefficient b represents the average rate of change of pollution.

When the rate of change is not constant, a quadratic model can be used: $y(t) = a + bt + ct^2$. This model accounts not only for the direction of change but also for acceleration or deceleration. If $c > 0$, the growth rate increases; if $c < 0$, the growth rate decreases or the indicator may turn toward decline.

The first derivative $y'(t)$ represents the instantaneous rate of change of an environmental indicator. If $y'(t) > 0$, pollution is increasing; if $y'(t) < 0$, it is decreasing; and if $y'(t) = 0$, the rate of change is zero at that point.

For example, consider $y(t) = 120 + 8t - 0{,}4t^2$. Then $y'(t) = 8 - 0{,}8t$. $A_t, t = 5, y'(5) = 4$. Thus, during the fifth period the indicator is still increasing, although its growth rate is lower than in the initial period. The equation $y'(t) = 0$ gives $t = 10$ as a critical point.

The second derivative $y''(t)$ indicates how the rate of change itself is changing. For the previous model, $y''(t) = -0{,}8$. Since this value is negative, the growth rate of pollution is declining. From an environmental management

perspective, such a result may indicate that the growth of pollution is slowing or that mitigation measures are becoming effective.

The use of derivatives therefore allows analysis to move beyond the question 'How much pollution exists?' to questions such as 'How rapidly is pollution changing?' and 'Is the rate of change increasing or decreasing?'

Suppose the emissions volume in a region is represented by $y(t) = 150 + 12t - 0{,}5t^2$. $At\ t = 4, y(4) = 190$ units. The first derivative is $y'(t) = 12 - t, so\ y'(4) = 8$ units per period. Thus, emissions are increasing at a rate of 8 units per period, while the growth rate itself is declining.

The equation $y'(t) = 0\ gives\ t = 12$ as the maximum point. Consequently, derivatives can be used to identify critical points of environmental indicators. If the model is estimated from real observations, such points can support decisions about when environmental policy measures should be introduced.

A function-and-derivative approach makes it possible to analyze environmental monitoring data dynamically. Once model parameters have been estimated statistically, derivatives can be used to calculate the rate at which pollution is increasing or decreasing. Comparing derivative values across regions can identify areas where environmental risks are changing most rapidly.

The approach can also be combined with forecasting. After estimating a time-series model and obtaining y(t) for future periods, its derivative can be used to estimate the expected rate of change. Environmental monitoring can therefore progress from simply recording conditions to anticipating future dynamics.

$$y(t) = a + bt + ct^2;\ \ y'(t) = b + 2ct;\ \ y''(t) = 2c$$

$$y'(t) > 0\ -\ indicator\ increases;\ y'(t) < 0\ -\ decreases;\ y'(t) = 0\ -\ critical\ point$$

Conclusion: Function and derivative concepts provide a simple and effective mathematical framework for analyzing the dynamics of environmental pollution. The first derivative describes the rate of change, while the second derivative describes changes in that rate. Therefore, derivative-based analysis can support environmental monitoring, forecasting, and evidence-based management decisions.

References

1. Safarov Rakhmon, and Sardor Khudoyberdiev. "Optimizing water delivery to consumers with multi-mode and uncertainty into account." *AIP Conference Proceedings*. Vol. 3244. No. 1. AIP Publishing LLC, 2024.

2. Resolutions and decrees of the President of the Republic of Uzbekistan regarding the "Strategy for Transition to a Green Economy." – Tashkent.

3. President of the Republic of Uzbekistan. Decree "On the Action Strategy for the Further Development of the Republic of Uzbekistan." – Tashkent.

4. President of the Republic of Uzbekistan. Documents "On measures to implement the Strategy for Transition to a Green Economy of the Republic of Uzbekistan." – Tashkent.

5. Abdullayev A.M. Econometrics. – Tashkent: Fan va texnologiya.

6. G‘ulomov S.S., Shermuhamedov A.T., Begalov B.A. Economic Informatics. – Tashkent.

7. Shodiyev T.Sh. Economic-Mathematical Methods and Models. – Tashkent.

8. Xudoyberdiyev S.I., Safarov R. Chiziqli dasturlash usulining aholini suv bilan optimal ta'minlash masalasiga qo‘llanilishi // Innovatsion texnologiyalar. – Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti, 2022. – Maxsus son. – B. 140–143.

SENSITIVITY ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL IMPACT FACTORS USING PARTIAL DERIVATIVES AND THE TOTAL DIFFERENTIAL OF A MULTIVARIABLE FUNCTION

S.I. Khudoyberdiyev Acting Associate Professor,
Department of Higher Mathematics, SamISI

Abstract: This article considers the mathematical modeling of environmental indicators affected simultaneously by several factors. Partial derivatives are used to measure local sensitivity, while the total differential estimates the combined effect of small changes in several explanatory factors. The approach is applicable to the analysis of resource consumption, energy use, transport emissions, and the share of green technologies.

Keywords: multivariable function, partial derivative, total differential, sensitivity, environmental factor, emissions

Environmental processes are generally determined not by one factor but by several interrelated factors. For example, emissions may depend simultaneously on production volume, energy consumption, transport activity, and the share of renewable energy. Such processes are therefore more appropriately represented by multivariable functions.

The main purpose of sensitivity analysis is to determine which factors have the greatest influence on the resulting environmental indicator. Mathematically, a partial derivative shows how the result changes when one factor changes while the other factors are held constant.

Let the environmental outcome be represented as $E = F(x_1, x_2, x_3)$. Here x_1 may denote energy consumption, x_2 transport activity, and x3 the share of green technologies. A possible model is $E = \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_{12} x_1 x_2$.

The coefficients can be estimated from statistical observations. When interaction terms are included, the effect of one factor may depend on the level of another factor.

The partial derivative $\partial E/\partial x_1$ indicates how much E changes when x1 changes by one unit, with other factors held constant. For $E = 100 + 0{,}8x_1 + 0{,}5x_2 - 0{,}6x_3$, the partial derivatives are $\partial E/\partial x_1 = 0{,}8, \partial E/\partial x_2 = 0{,}5$, and

$\partial E/\partial x_3 = -0{,}6$. Thus, x_1 and x_2 increase the environmental burden in this illustrative model, while x_3 reduces it.

Direct comparison of partial derivatives can be misleading when the variables use different measurement units. Standardized sensitivity measures or elasticities are therefore useful for comparison.

For $E = F(x_1, x_2, x_3)$, the total differential is $dE = \left(\frac{\partial E}{\partial x_1}\right) dx_1 + \left(\frac{\partial E}{\partial x_2}\right) dx_2 + + \left(\frac{\partial E}{\partial x_3}\right) dx_3$. It estimates the overall change in the environmental indicator resulting from small simultaneous changes in several factors.

For example, if the partial derivatives are 0,8; 0,5 and $-0{,}6$ and $dx_1 = 10, dx_2 = 5, dx_3 = 2, then\ dE = 0{,}8 \cdot 10 + 0{,}5 \cdot 5 - 0{,}6 \cdot 2 = 8{,}1$. Thus, the specified changes increase E by approximately 8.1 units.

A relative sensitivity measure can be defined as $S_i = (\partial E/\partial x_i)(x_i/E)$. It indicates the approximate percentage change in the outcome associated with a one-percent change in a factor.

For example, if $E = 200, x_1 = 50$, and $\partial E/\partial x_1 = 0{,}8$ then $S_1 = 0{,}2$. Hence, a one-percent change in x_1 is associated with an approximate 0,2-percent change in E. This approach makes it easier to compare variables measured in different units.

Sensitivity analysis can help determine where environmental policy resources should be allocated first. If transport emissions have high sensitivity, modernizing transport may produce a substantial effect. If the partial derivative with respect to renewable-energy use is negative and large in absolute value, investment in this area may significantly reduce environmental pressure.

The method also supports scenario analysis. Baseline, optimistic, and conservative scenarios can be constructed for each factor, and the resulting environmental indicator can then be calculated.

$$dE = (\partial E/\partial x_1)dx_1 + (\partial E/\partial x_2)dx_2 + \cdots + (\partial E/\partial x\square)dx\square$$

$$S_{\mathrm{i}} = \left(\frac{\partial E}{\partial x_{\mathrm{i}}}\right)\left(\frac{x_{\mathrm{i}}}{E}\right)$$

Conclusion: Multivariable functions, partial derivatives, and the total differential make it possible to quantify and separate the influence of factors affecting environmental indicators. Partial derivatives measure local sensitivity, while the total differential estimates the combined effect of small changes. These methods are useful for environmental management and investment prioritization.

References

1. Safarov Rakhmon, and Sardor Khudoyberdiev. "Optimizing water delivery to consumers with multi-mode and uncertainty into account." *AIP Conference Proceedings*. Vol. 3244. No. 1. AIP Publishing LLC, 2024.

2. Resolutions and decrees of the President of the Republic of Uzbekistan regarding the "Strategy for Transition to a Green Economy." – Tashkent.

3. President of the Republic of Uzbekistan. Decree "On the Action Strategy for the Further Development of the Republic of Uzbekistan." – Tashkent.

4. President of the Republic of Uzbekistan. Documents "On measures to implement the Strategy for Transition to a Green Economy of the Republic of Uzbekistan." – Tashkent.

5. Abdullayev A.M. Econometrics. – Tashkent: Fan va texnologiya.

6. G‘ulomov S.S., Shermuhamedov A.T., Begalov B.A. Economic Informatics. – Tashkent.

7. Shodiyev T.Sh. Economic-Mathematical Methods and Models. – Tashkent.

8. Xudoyberdiyev S.I., Safarov R. Chiziqli dasturlash usulining aholini suv bilan optimal ta'minlash masalasiga qo‘llanilishi // Innovatsion texnologiyalar. – Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti, 2022. – Maxsus son. – B. 140–143.

HAVO QATLAMIDAGI ZAHARLI BIRIKMALARNI MATEMATIK-STATISTIK MODELLASHTIRISH YORDAMIDA O‘RGANISH

Ismatov Utkir Rustamovich SamISI
Oliy matematika kafedrasio‘qituvchisi

Annotatsiya: Ushbu maqolada atmosfera havosidagi zaharli birikmalarni matematik-statistik modellashtirish usullari yordamida o‘rganish masalalari ko‘rib chiqiladi. Tadqiqotning asosiy maqsadi havo qatlamidagi ifloslantiruvchi moddalarning tarqalish qonuniyatlarini matematik modellar asosida tahlil qilish va prognozlash imkoniyatlarini baholashdan iborat. Maqolada zaharli birikmalarning fizik-kimyoviy xossalari asosida ularning atmosferadagi xatti-harakatlarini modellashtirishning regressiya yondashuvlari, shuningdek, konvektsiya-diffuziya-reaksiya tipidagi differensial tenglamalar va statistik tahlil usullari tahlil qilinadi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, zamonaviy matematik-statistik modellashtirish usullari havo ifloslanishini monitoring qilish va bashoratlashda yuqori samaradorlikka ega bo‘lib, ular atrof-muhit xavfsizligini ta’minlashda muhim vosita bo‘lib xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: atmosfera monitoringi, zaharli birikmalar, matematik modellashtirish, statistik tahlil, regressiya tenglamalari, konvektsiya-diffuziya, prognozlash.

Kirish: Atmosfera havosining ifloslanishi zamonaviy ekologiyaning eng dolzarb muammolaridan biri hisoblanadi. Sanoat korxonalari, avtotransport vositalari va boshqa antropogen manbalar natijasida atmosferaga turli xil zaharli birikmalar chiqarilmoqda. Ushbu birikmalarning tabiatda tarqalish qonuniyatlarini o‘rganish, ularning inson salomatligiga ta’sirini baholash va

kelajakdagi holatni prognozlash uchun matematik-statistik modellashtirish usullaridan keng foydalanilmoqda .

Havo qatlamidagi zaharli birikmalarni tadqiq qilishda ikki asosiy yondashuv mavjud: birinchi yondashuv moddaning fizik-kimyoviy xossalari (molekulyar massa, qaynash harorati, bug‘lanish bosimi va boshqalar) asosida empirik regressiya modellarini qurishga asoslansa, ikkinchi yondashuv atmosferadagi fizik jarayonlarni aks ettiruvchi differensial tenglamalarni yechishga tayanadi. Har ikkala yondashuv ham o‘zining afzalliklari va cheklovlariga ega bo‘lib, ularni birgalikda qo‘llash eng ishonchli natijalarni beradi.

Mazkur maqolaning maqsadi havo qatlamidagi zaharli birikmalarni matematik-statistik modellashtirishning asosiy usullarini tahlil qilish va ularning monitoring tizimlarida qo‘llanilish imkoniyatlarini baholashdan iborat.

Asosiy qism: Zaharli birikmalarni fizik-kimyoviy xossalar asosida modellashtirish.

Atmosferadagi zaharli moddalarning xatti-harakatlarini bashoratlashda ularning fizik-kimyoviy parametrlari asosida qurilgan regressiya modellari keng qo‘llaniladi. Ushbu yondashuvning asosiy afzalligi shundaki, u murakkab differensial tenglamalarni yechishni talab qilmaydi va ko‘plab moddalar uchun yetarli darajada aniq natijalar beradi.

Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, organik moddalarning molekulyar massasi (MW) va qaynash harorati (b.p.) bilan ularning atmosferadagi ruxsat etilgan maksimal konsentratsiyasi o‘rtasida kuchli korrelyatsiya mavjud. Xususan, molekulyar massasi 32 dan 330 gacha bo‘lgan organik moddalar uchun quyidagi regressiya tenglamasi taklif qilingan :

$$logy=−8logx+14,75logy=−8logx+14,75$$

bu yerda y – atmosferadagi ruxsat etilgan maksimal konsentratsiya (mg/m³), x – molekulyar massa. Ushbu tenglama uchun korrelyatsiya koeffitsienti R=0.937 ni tashkil etadi, bu esa modelning yuqori aniqligini ko‘rsatadi.

Shunga o‘xshash yondashuv qaynash harorati asosida ham qo‘llaniladi:

$$logy=−5,6logx+11,2logy=−5,6logx+11,2$$

Bu yerda R=0.978 bo‘lib, model yanada yuqori aniqlikka ega .

Ushbu regressiya modellarining amaliy ahamiyati shundaki, ular yangi kimyoviy moddalar uchun eksperimental tadqiqotlar o‘tkazmasdan turib, ularning atmosferadagi xavflilik darajasini taxminiy baholash imkonini beradi. Bu ayniqsa, sanoatda yangi moddalar joriy etilayotganda atrof-muhit xavfsizligini ta’minlash uchun muhimdir.

Konveksiya-diffuziya modellari asosida tarqalishni bashoratlash.

Atmosferadagi zaharli birikmalarning fazoviy tarqalishini modellashtirishning yanada fundamental yondashuvi konvektsiya-diffuziya-reaksiya tipidagi differensial tenglamalarga asoslanadi. Ushbu tenglamalar shamol tezligi, turbulent diffuziya, kimyoviy reaksiyalar va boshqa fizik omillarni hisobga oladi.

Ikki o‘lchovli holat uchun asosiy tenglama quyidagi ko‘rinishga ega:

$$\frac{\partial \mathrm{C}}{\partial \mathrm{t}} + u\frac{\partial \mathrm{C}}{\partial \mathrm{x}} + v\frac{\partial \mathrm{C}}{\partial \mathrm{y}} = D_x\frac{\partial^2 \mathrm{C}}{\partial \mathrm{x}^2} + D_y\frac{\partial^2 \mathrm{C}}{\partial \mathrm{y}^2} + S - kC$$

bu yerda C – ifloslantiruvchi moddaning konsentratsiyasi, u va v – shamol tezligining komponentlari, Dx va Dy – turbulent diffuziya koeffitsientlari, S – ifloslanish manbasi, k – kimyoviy parchalanish koeffitsienti.

Ushbu tenglamani yechishda analitik va sonli usullardan foydalaniladi. Analitik yechimlar soddalashtirilgan sharoitlar uchun (doimiy koeffitsientlar, ideal chegara shartlari) qo‘llanilsa, sonli usullar (masalan, chekli ayirmalar usuli) murakkab geometriya va o‘zgaruvchan parametrlar uchun qo‘llaniladi.

Zamonaviy tadqiqotlarda ushbu tenglamalarni yechishda parametrlarni baholash va mashinani o‘qitish algoritmlarini birlashtirish orqali bashorat aniqligini oshirishga erishilmoqda. Xususan, kuzatuv nuqtalarida o‘lchangan konsentratsiya qiymatlari mashinani o‘qitish algoritmlari yordamida bashorat qilinadi va bu natijalar differensial tenglama yechimini aniqlashtirish uchun ishlatiladi .

Statistik tahlil va vaqt qatorlari modellari.

Havo ifloslanishini monitoring qilishda statistik tahlil usullari muhim o‘rin tutadi. Vaqt bo‘yicha o‘lchangan konsentratsiya ma’lumotlari asosida ifloslanishning tendensiyalari, mavsumiy tebranishlari va boshqa qonuniyatlari aniqlanadi.

Vaqt qatorlari tahlilida autoregressiv (AR) modellar keng qo‘llaniladi. Masalan, PM2.5 zarrachalari konsentratsiyasini prognozlashda AR(1) modeli quyidagi ko‘rinishga ega:

$X_t = \phi X_t - 1 + \varepsilon_t$

bu yerda X_t – vaqtning t momentidagi konsentratsiya, ϕ – avtoregressiya koeffitsienti, ε_t – xato termini.

Modelning adekvatligini baholash uchun turli statistik testlar qo‘llaniladi. An’anaviy Ljung-Box testidan farqli o‘laroq, empirik ehtimollik nisbati testi (ELRT) parametrik taqsimot farazlariga tayanmaydi va bu uni real ma’lumotlar uchun yanada ishonchli qiladi.

Ko‘p o‘lchovli statistik tahlilda asosiy komponentlar usuli (PCA) yuqori korrelyatsiyalangan o‘zgaruvchilar to‘plamini kamaytirish va model samaradorligini oshirish uchun qo‘llaniladi. Bangkok shahri misolida o‘tkazilgan tadqiqot shuni ko‘rsatdiki, PCA qo‘llanilgandan so‘ng modellarning bashorat aniqligi sezilarli darajada yaxshilanadi.

Modellashtirish natijalarini baholash mezonlari.

Matematik-statistik modellarning samaradorligini baholash uchun bir nechta statistik mezonlardan foydalaniladi:

Determinatsiya koeffitsienti (R^2) – model tomonidan tushuntirilgan dispersiya ulushini ko‘rsatadi;

O‘rtacha kvadratik xato (RMSE) – bashorat qilingan va haqiqiy qiymatlar o‘rtasidagi farqning o‘lchovi;

O‘rtacha mutlaq xato (MAE) – xatolarning o‘rtacha mutlaq qiymati;

O‘rtacha xato (MBE) – modelning tizimli xatoligini aniqlaydi.

Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, XGBoost kabi mashinani o‘qitish algoritmlari an’anaviy chiziqli regressiya modellariga qaraganda yuqori aniqlikka erishadi. Masalan, Eron milliy miqyosida PM2.5 konsentratsiyasini modellashtirishda XGBoost-CA modeli eng yaxshi natijalarni ko‘rsatgan va MBE qiymati deyarli nolga teng bo‘lgan .

Xulosa: Atrof-muhit monitoringida matematik-statistik modellashtirish usullari havo qatlamidagi zaharli birikmalarni o‘rganishning muhim vositalari hisoblanadi. Tadqiqot natijalari quyidagi xulosalarni shakllantirishga imkon beradi:

Birinchidan, fizik-kimyoviy xossalar asosida qurilgan regressiya modellari yangi kimyoviy moddalarning atmosferadagi xavflilik darajasini tezkor baholash imkonini beradi. Molekulyar massa va qaynash harorati kabi parametrlar asosida qurilgan modellar yuqori korrelyatsiya koeffitsientlariga ega bo‘lib, ularning amaliy ahamiyati katta .

Ikkinchidan, konvektsiya-diffuziya-reaksiya tipidagi differensial tenglamalar atmosferadagi fizik jarayonlarni aniqroq aks ettiradi va murakkab sharoitlarda ifloslanish tarqalishini bashoratlash imkonini beradi. Ushbu modellarni mashinani o‘qitish algoritmlari bilan birlashtirish bashorat aniqligini yanada oshiradi .

Uchinchidan, statistik tahlil usullari, xususan vaqt qatorlari modellari va PCA kabi o‘lchamlikni kamaytirish usullari havo ifloslanishining vaqt bo‘yicha dinamikasini o‘rganish va prognozlashda samarali vosita hisoblanadi .

Kelajakda ushbu usullarni yanada rivojlantirish, xususan, real vaqt rejimida ma’lumotlarni assimilyatsiya qilish va adaptiv modellashtirish texnologiyalarini joriy etish atrof-muhit monitoringining samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. UNEP. Prediction of Toxicity and Maximum Permissible Concentrations of Atmospheric Pollutants Based on Physico-Chemical Properties .

2. Madiyarov M., Temirbekov N., Alimbekova N., et al. A Combined Approach for Predicting the Distribution of Harmful Substances in the Atmosphere Based on Parameter Estimation and Machine Learning Algorithms // Computation. – 2023. – Vol. 11, № 12. – P. 249 .

3. XGBoost-based cellular automata for modeling $PM_{2.5}$ concentration using ground and satellite data // Scientific Reports. – 2025 .

4. Application of empirical likelihood ratio test in AR(1) time series model for PM2.5 forecasting in Guwahati city of Assam // Scientific Reports. – 2025 .

5. A data-assimilative approach to air quality analytics for policy and emergency planning // ScienceDirect. – 2026 .

6. Principal component-based predictive modelling of particulate matters using air pollutants and meteorological variables in Bangkok, Thailand // PLOS Climate. – 2026 .

HAVO QATLAMIDAGI ZARARLI BIRIKMALARNI O‘RGANISHDA STATISTIK TAHLIL VA VAQT QATORLARI MODELLARINING QO‘LLANILISHI

Ismatov Utkir Rustamovich SamISI
Oliy matematika kafedrasio‘qituvchisi

Annotatsiya: Mazkur maqolada havo qatlamidagi zararli birikmalarni tadqiq qilishda statistik tahlil va vaqt qatorlari modellarining qo‘llanilishi masalalari ko‘rib chiqiladi. Tadqiqotning maqsadi atmosfera ifloslanishi ma’lumotlarini tahlil qilishda qo‘llaniladigan asosiy statistik yondashuvlar va vaqt qatorlari modellarining imkoniyatlarini baholashdan iborat. Maqolada ARIMA, regressiya modellari, funksional asosiy komponentlar tahlili (FPCA) va gibrid modellashtirish yondashuvlari tahlil qilinadi. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, statistik tahlil usullari ifloslanishning vaqt bo‘yicha dinamikasini aniqlashda, mavsumiy tebranishlarni ajratishda va qisqa muddatli prognozlashda yuqori samaradorlikka ega.

Kalit so‘zlar: havo monitoringi, statistik tahlil, vaqt qatorlari, ARIMA, funksional tahlil, prognozlash.

Kirish: Atmosfera havosidagi zararli birikmalarning konsentratsiyasini kuzatish va bashoratlash zamonaviy ekologik monitoringning muhim vazifalaridan biridir. PM2.5, PM10, NOx, SO2 kabi ifloslantiruvchi moddalarning vaqt bo‘yicha o‘zgarishini tahlil qilish uchun statistik usullar va vaqt qatorlari modellari keng qo‘llaniladi . Ushbu yondashuvlar ifloslanish darajasining tendensiyalarini aniqlash, mavsumiy tebranishlarni ajratish va kelajakdagi holatni prognozlash imkonini beradi.

Statistik tahlilning asosiy afzalligi shundaki, u real kuzatuv ma’lumotlariga asoslanadi va murakkab fizik-kimyoviy modellarni talab qilmaydi. Vaqt qatorlari modellari esa ma’lumotlardagi avtokorrelyatsiya, trend va mavsumiylik kabi strukturaviy xususiyatlarni hisobga olishga imkon beradi . Shu sababli, ushbu usullar havo sifati monitoringi tizimlarida keng qo‘llanilmoqda.

Mazkur maqolaning maqsadi havo qatlamidagi zararli birikmalarni o‘rganishda qo‘llaniladigan statistik tahlil va vaqt qatorlari modellarining asosiy turlarini tahlil qilish va ularning amaliy imkoniyatlarini baholashdan iborat.

Asosiy qism: ARIMA modellari va ularning qo‘llanilishi

Avtoregressiv integrallashgan harakatlanuvchi o‘rtacha (ARIMA) modeli vaqt qatorlarini tahlil qilishning klassik usuli hisoblanadi. Ushbu model qatorning avtoregressiv (AR), integrallash (I) va harakatlanuvchi o‘rtacha (MA) komponentlarini birlashtiradi.

Tailandning Hat Yai shahrida o‘tkazilgan tadqiqotda PM2.5 konsentratsiyasini prognozlash uchun ARIMA(1,1,2) modeli qo‘llanilgan. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, AR(1) komponentining koeffitsienti 0.6826 (standart xato 0.0318) ni tashkil etgan va bu qatorning kuchli avtokorrelyatsiyaga ega

ekanligini ko‘rsatgan. Ushbu model yordamida qatorning chiziqli dinamikasi samarali qamrab olingan.

ARIMA modellarining afzalligi ularning soddaligi va talqin qilinishining osonligidir. Biroq, bu modellar chiziqli bog‘liqliklarni aks ettirishga qodir, ammo nochiziqli o‘zgarishlarni to‘liq qamrab olmaydi. Shu sababli, zamonaviy tadqiqotlarda ARIMA ko‘pincha boshqa usullar bilan birgalikda qo‘llaniladi .

Regressiya modellari va gibrid yondashuvlar: Statistik tahlilda regressiya modellari zararli birikmalar konsentratsiyasini turli omillar bilan bog‘lash uchun qo‘llaniladi. Masalan, ko‘p o‘zgaruvchili chiziqli regressiya modellari meteorologik parametrlar (harorat, namlik, shamol tezligi) va ifloslantiruvchi moddalar konsentratsiyasi o‘rtasidagi bog‘liqlikni aniqlashda qo‘llaniladi.

ARIMA-ANN gibrid modeli chiziqli va nochiziqli komponentlarni alohida modellashtirishga asoslanadi. Ushbu yondashuvda ARIMA modeli qatorning chiziqli qismini, sun’iy neyron tarmoq (ANN) esa qoldiqlardagi nochiziqli naqshlarni modellashtiradi. Hat Yai tadqiqotida gibrid modelning aniqlik ko‘rsatkichi R2=96.74%$R2$=96.74% ni tashkil etgan, bu esa yondashuvning yuqori samaradorligini ko‘rsatadi .

Kvantil regressiya bilan integratsiyalashgan ARIMA-ANN-QREG modeli esa ekstremal qiymatlarga nisbatan mustahkamlikni ta’minlaydi. PM2.5 ma’lumotlarida kuzatiladigan episodik cho‘qqilar (masalan, chang bo‘ronlari) an’anaviy o‘rtacha regressiyaga ta’sir qilishi mumkin, kvantil regressiya esa bu muammoni bartaraf etadi.

Funksional ma’lumotlar tahlili va FPCA: Funksional ma’lumotlar tahlili (FDA) yuqori chastotali ekologik ma’lumotlarni tahlil qilishning zamonaviy usuli hisoblanadi. Madrid shahrida o‘tkazilgan tadqiqotda funksional asosiy komponentlar tahlili (FPCA) NOx, PM10 va PM2.5 kabi ifloslantiruvchi moddalarning soatlik konsentratsiyasiga qo‘llanilgan.

FPCA natijalariga ko‘ra, dastlabki uchta asosiy komponent barcha ifloslantiruvchi moddalar uchun umumiy dispersiyaning 85% dan ortig‘ini tushuntirgan. Birinchi komponent (PC1) asosiy mavsumiy siklni, ikkinchi komponent (PC2) transport va meteorologiya ta’siridagi qisqa muddatli tebranishlarni, uchinchi komponent (PC3) esa episodik cho‘qqilarni aks ettirgan.

Ushbu usulning muhim afzalligi shundaki, u o‘lchamlikni kamaytirish bilan birga natijalarning talqin qilinishini saqlab qoladi. Monitoring stansiyalarini klasterlash orqali ifloslanish manbalariga qarab hududiy tipologiyalar yaratish mumkin.

Model samaradorligini baholash mezonlari: Statistik modellarning samaradorligini baholash uchun bir nechta mezonlardan foydalaniladi:

O‘rtacha xato (ME) – bashorat va kuzatuv qiymatlari farqining o‘rtachasi;

Nisbiy xato (FBIAS, FERROR) – xatoning nisbiy kattaligini ko‘rsatadi;

Ildiz o‘rtacha kvadratik xato (RMSE) – xatolarning kvadratik o‘rtachasi;

Determinatsiya koeffitsienti (R^2) – model tomonidan tushuntirilgan dispersiya ulushi.

Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, PM2.5 uchun kunlik o‘rtacha qiymatlarda FBIAS ≤ ±15% va FERROR ≤ ±35% bo‘lsa, model “a’lo” darajada hisoblanadi. ARIMA-ANN gibrid modeli uchun R2=0.9674$R2$=0.9674 natijasi yuqori aniqlikni tasdiqlaydi.

Xulosa: Havo qatlamidagi zararli birikmalarni o‘rganishda statistik tahlil va vaqt qatorlari modellari muhim vositalar hisoblanadi. Tadqiqot natijalari quyidagi xulosalarni shakllantirishga imkon beradi:

Birinchidan, ARIMA modellari ifloslanish qatorlarining chiziqli dinamikasini samarali modellashtiradi va qisqa muddatli prognozlashda ishonchli natijalar beradi. Ushbu modelning parametrlari (masalan, AR koeffitsienti) qatorning avtokorrelyatsiya darajasini miqdoriy baholash imkonini beradi.

Ikkinchidan, gibrid modellashtirish yondashuvlari (ARIMA-ANN, ARIMA-ANN-QREG) chiziqli va nochiziqli komponentlarni birgalikda hisobga olish orqali prognoz aniqligini sezilarli darajada oshiradi. Kvantil regressiya ekstremal qiymatlarga nisbatan mustahkamlikni ta’minlaydi.

Uchinchidan, funksional ma’lumotlar tahlili va FPCA yuqori chastotali monitoring ma’lumotlarini o‘lchamlikni kamaytirish orqali tahlil qilish imkonini beradi. Ushbu usul ifloslanishning mavsumiy, kunlik va episodik komponentlarini ajratishda samaralidir.

Kelajakda ushbu usullarni real vaqt rejimida qo‘llash, shuningdek, turli hududlar uchun transfer qilinadigan modellarni ishlab chiqish atrof-muhit monitoringining samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Integrating quantile regression with ARIMA and ANN for interpretable and accurate PM2.5 forecasting in Hat Yai, Thailand // Scientific Reports. – 2025.

2. Functional data analysis of air quality time series in Madrid Using FPCA and splines // Atmospheric Environment. – 2026. – Vol. 367.

3. Role of artificial intelligence and learning techniques in time series forecast of PM2.5 data: An extensive review // ScienceDirect. – 2025 .

4. The ML algorithm produces a 72 h forecast of hourly PM2.5 for each computational cell of the domain // ACS ES&T Air. – 2026.

AN OPTIMAL QUADRATURE FORMULA IN THE SPACE $L_2^{(2)}(-1,1)$ FOR CAUCHY TYPE SINGULAR INTEGRALS ARISING IN THE MODELLING OF ENVIRONMENTAL PROCESSES

Aliyev Shoxjaxon Eshdavlatovich
Tel.: +998902491066; e-mail: shoxjaxon.aliyev.9@gmail.com

Abstract. *A number of mathematical models in green energy and environmental protection (aerodynamics of wind turbine blades, groundwater seepage, crack mechanics) lead to singular integrals with the Cauchy kernel. In this paper an optimal quadrature formula in the sense of Sard is constructed for*

the approximate evaluation of such integrals in the Sobolev space $L_2^{(2)}(-1,1)$: the square of the norm of the error functional is calculated and explicit expressions for the optimal coefficients are obtained. Numerical experiments show that the constructed formula is two to four orders of magnitude more accurate than the discrete vortex method and its modification. Proposals and recommendations are given on the basis of the results.

Keywords: Cauchy type singular integral, optimal quadrature formula, Sobolev space, error functional, mathematical modelling, environmental monitoring.

Introduction

In the transition to a green economy, the use of renewable energy sources, water resources management and monitoring of the state of the environment require reliable mathematical models and highly accurate numerical methods for solving them. Many of these models reduce to singular integrals with the Cauchy kernel: the air flow around the blades of wind power plants is described in thin airfoil theory by a singular integral equation [1]; groundwater seepage under hydraulic structures leads to boundary value problems connected with Cauchy type integrals [2]; and predicting the growth of cracks in pipelines and structures relies on the singular integral equations of elasticity theory [1]. Hence the accuracy with which singular integrals are evaluated directly determines the reliability of engineering calculations related to environmental safety.

A singular integral diverges in the ordinary sense and is understood in the sense of the Cauchy principal value, so classical quadrature formulas cannot be applied to it directly. For such integrals the discrete vortex method (MDV), its modification (MMDV) and spline-based formulas have been developed [1, 3, 4]. Formulas that minimise the norm of the error functional for given nodes, i.e. formulas optimal in the sense of Sard, have been studied on the basis of S.L. Sobolev's method in [5–7]. The aim of this work is to construct an optimal quadrature formula for the Cauchy type singular integral in the space $L_2^{(2)}(-1,1)$, to assess its accuracy numerically and to give recommendations on the application of the results.

Statement of the problem

Consider the following quadrature formula:

$$\int_{-1}^{1} \frac{\varphi(x)}{x-t}\,dx \cong \sum_{\beta=0}^{N} C\,[\beta]\,\varphi(x_\beta), \qquad (1)$$

where $-1 < t < 1$, $C[\beta]$ are the coefficients, $x_\beta = h\beta - 1$ are equally spaced nodes, $h = 2/N$, N is a natural number and $\varphi \in L_2^{(2)}(-1,1)$. Here $L_2^{(2)}(-1,1)$ is the Sobolev space of functions whose second-order generalised derivative is square integrable, equipped with the norm

$$\|\varphi\|_{L_2^{(2)}(-1,1)} = \left(\int_{-1}^{1} \left(\varphi''(x)\right)^2 dx\right)^{1/2}.$$

The error (ℓ, φ) of formula (1) is determined by the error functional

$$\ell(x) = \frac{\varepsilon_{[-1,1]}(x)}{x-t} - \sum_{\beta=0}^{N} C\,[\beta]\,\delta\big(x - x_\beta\big), \tag{2}$$

where $\varepsilon_{[-1,1]}(x)$ is the characteristic function of the interval $[-1,1]$ and $\delta(x)$ is the Dirac delta function. For the functional to belong to the conjugate space $L_2^{(2)*}(-1,1)$, the conditions $(\ell, x^\alpha) = 0$, $\alpha = 0,1$ must hold, i.e. formula (1) must be exact for polynomials of the first degree. By the Cauchy–Schwarz inequality

$$|(\ell, \varphi)| \le \|\varphi\|_{L_2^{(2)}(-1,1)} \cdot \|\ell\|_{L_2^{(2)*}(-1,1)}, \tag{3}$$

so the error of the formula is estimated through the norm of the functional ℓ. Finding, for fixed nodes, the coefficients $\mathring{C}[\beta]$ that give this norm its smallest value is called Sard's problem, and the resulting formula is called the optimal quadrature formula (OQF) in the sense of Sard [5, 6].

Main results

The extremal function of the error functional has the form $\psi_\ell(x) = \ell(x) * G_2(x) + P_1(x)$, where $G_2(x) = |x|^3/12$ is the fundamental solution of the operator d^4/dx^4, $P_1(x)$ is a polynomial of the first degree and $*$ denotes convolution [5]. From the equality $\| \ell \|^2 = (\ell, \psi_\ell)$ the following expression for the square of the norm of the error functional is obtained:

$$\|\ell\|^2 = \sum_{\beta=0}^{N}\sum_{\gamma=0}^{N} C\,[\beta]\,C[\gamma]\,\frac{\big|x_\beta - x_\gamma\big|^3}{12} - 2\sum_{\beta=0}^{N} C\,[\beta]\,f_2\big(x_\beta\big) + \int_{-1}^{1}\int_{-1}^{1} \frac{|x-y|^3}{12\,(x-t)(y-t)}\,dx\,dy, \tag{4}$$

where

$$f_2(z) = \frac{1}{12}\int_{-1}^{1}\frac{|x-z|^3}{x-t}\,dx = \frac{1}{12}[Q(z) + (t-z)^3\lambda(z)],$$
$$Q(z) = -\frac{11}{3}z^3 + 5tz^2 - (2t^2+3)z + t, \quad \lambda(z) = \ln(1-t^2) - 2\ln|z-t|. \tag{5}$$

Minimising expression (4) under the conditions $(\ell, 1) = 0$, $(\ell, x) = 0$ by the method of Lagrange multipliers leads to a system of linear equations for the optimal coefficients which has a unique solution:

$$\sum_{\gamma=0}^{N} C\,[\gamma]\,\frac{\big|x_\beta - x_\gamma\big|^3}{12} + p_0 + p_1 x_\beta = f_2\big(x_\beta\big), \quad \beta = 0,1,\dots,N, \tag{6}$$

$$\sum_{\gamma=0}^{N} C\,[\gamma] = g_0, \qquad \sum_{\gamma=0}^{N} C\,[\gamma]\,x_\gamma = g_1, \tag{7}$$

where $g_0 = \ln\frac{1-t}{1+t}$, $g_1 = 2 + t\,g_0$, and p_0, p_1 are unknown constants. System (6)–(7) is solved by S.L. Sobolev's method, i.e. with the help of the discrete analogue $D_2(h\beta)$ of the differential operator d^4/dx^4 [5, 7]: after the extension $C[\beta] = 0$ for $\beta < 0$ and $\beta > N$, the coefficients are found by the convolution $\mathring{C}[\beta] = hD_2(h\beta) * u(h\beta)$. As a result, the following statement is proved.

Theorem. *In the Sobolev space* $L_2^{(2)}(-1,1)$ *the coefficients of the optimal quadrature formula of the form (1) corresponding to the interior nodes have the form*

$$\mathring{C}[\beta] = \frac{6}{h^3}\left[f_2(x_{\beta-1}) - 8f_2(x_\beta) + f_2(x_{\beta+1})\right] + \frac{36\,(1-q_1)}{h^3(1+q_1)}\left[\sum_{\gamma=0}^{N} q_1^{|\beta-\gamma|}\, f_2(x_\gamma) + q_1^{\beta} M_1 + q_1^{N-\beta} N_1\right], \tag{8}$$

where $\beta = 1,2,\dots,N-1$, $q_1 = \sqrt{3} - 2$, *and* M_1, N_1 *are quantities that do not depend on* β *and are expressed explicitly in terms of* t, h *and* N. The boundary coefficients $\mathring{C}[0]$, $\mathring{C}[N]$ and the full expressions for M_1, N_1 are given in [8–10].

Remark. In the same way, in the space $L_2^{(1)}(-1,1)$ the following formula is obtained for the interior nodes:

$$\mathring{C}[\beta] = \frac{1}{h}\left[f_1(x_{\beta-1}) - 2f_1(x_\beta) + f_1(x_{\beta+1})\right], \quad f_1(z) = \frac{1}{2}[(t-z)\lambda(z) - 2z].$$

Numerical results

The computations were carried out with software developed in Java [10]. Table 1 gives the values of the norm of the error functional of the OQF for t = 0.5111.

Table 1. Numerical values of the norm $\| \mathring{\ell} \|$ *for t = 0.5111*

Space	$N = 100$	$N = 500$	$N = 1000$
$\boldsymbol{L_2^{(1)}(-1,1)}$	0.161788	0.081050	0.051192
$\boldsymbol{L_2^{(2)}(-1,1)}$	$3.7301\cdot10^{-4}$	$6.2801\cdot10^{-5}$	$1.1683\cdot10^{-5}$

When the number of nodes is increased tenfold, the norm decreases by a factor of about 3.2 in $L_2^{(1)}(-1,1)$ and by a factor of about 32 in $L_2^{(2)}(-1,1)$, i.e. the order of convergence is close to $h^{1/2}$ and $h^{3/2}$, respectively. In Table 2 the absolute error of the OQF for the function $\varphi(x) = 2x^2 - 5x + 10$ with h = 0.1 (N = 20) is compared with the errors of the MDV and MMDV methods from [3, 4].

Table 2. Absolute errors for $\varphi(x) = 2x^2 - 5x + 10$, *h = 0.1*

t	MDV [3, 4]	MMDV [3, 4]	OQF
−0.75	3.391323	0.058777	$3.45\cdot10^{-4}$

−0.45	1.333810	0.018587	$1.15\cdot10^{-4}$
−0.05	0.563117	0.001634	$1.01\cdot10^{-5}$
0.55	0.258836	0.026159	$1.60\cdot10^{-4}$

Thus, for the same number of nodes the error of the OQF is about 160–170 times smaller than that of MMDV and three to four orders of magnitude smaller than that of MDV.

Conclusion, proposals and recommendations

In this work an optimal quadrature formula in the sense of Sard has been constructed for the approximate evaluation of the Cauchy type singular integral in the space $L_2^{(2)}(-1,1)$; expression (4) for the square of the norm of the error functional and the explicit formula (8) for the optimal coefficients have been obtained, and the theoretical results have been confirmed by numerical experiments. On this basis the following proposals and recommendations are made:

1. In environmental and engineering models that reduce to singular integral equations (aerodynamics of wind turbine blades, seepage under structures, crack mechanics), it is recommended to evaluate the integrals with quadrature formulas optimal in the sense of Sard: they reach a prescribed accuracy with far fewer nodes and thus save computational resources.

2. Monitoring data are usually collected at equally spaced measurement points. The constructed formula uses exactly the values at such nodes and, through inequality (3), provides a guaranteed error bound; it is therefore advisable to include it as a separate module in software packages for environmental modelling.

3. From the theoretical point of view, promising directions are the extension of the result to the space $L_2^{(m)}(-1,1)$ for arbitrary m and to weighted and multidimensional singular integrals, as well as the application of the constructed formula to the approximate solution of characteristic singular integral equations.

References

1. Белоцерковский С.М., Лифанов И.К. Численные методы в сингулярных интегральных уравнениях. – М.: Наука, 1985. – 256 с.

2. Полубаринова-Кочина П.Я. Теория движения грунтовых вод. – М.: Наука, 1977. – 664 с.

3. Eshkuvatov Z.K., Nik Long N.M.A., Abdulkawi M. Quadrature formula for approximating the singular integral of Cauchy type with unbounded weight function on the edges // J. Comput. Appl. Math. – 2009. – Vol. 233, No. 2. – P. 334–345.

4. Eshkuvatov Z.K., Nik Long N.M.A., Abdulkawi M. Numerical evaluation for Cauchy type singular integrals on the interval // J. Comput. Appl. Math. – 2010. – Vol. 233, No. 8. – P. 1995–2001.

5. Соболев С.Л. Введение в теорию кубатурных формул. – М.: Наука, 1974. – 808 с.

6. Sard A. Integral representations of remainders // Duke Math. J. – 1948. – Vol. 15. – P. 333–345.

7. Shadimetov Kh.M., Hayotov A.R., Akhmedov D.M. Optimal quadrature formulas for Cauchy type singular integrals in Sobolev space // Appl. Math. Comput. – 2015. – Vol. 263. – P. 302–314.

8. Ахмедов Д.М., Алиев Ш.Э. Квадрат нормы функционала погрешности для аппроксимации сингулярного интеграла типа Коши в пространстве Соболева // «Актуальные задачи математического моделирования и информационных технологий»: междунар. науч.-практ. конф. – Нукус, 2–3 мая 2023 г. – С. 202.

9. Akhmedov D.M., Aliev Sh.E. Optimal quadrature formulas for singular integrals of Cauchy type in $L_2^{(2)}(-1,1)$ // Hisoblash modellari va texnologiyalari (CMT2024): 3rd International Seminar. – Tashkent, 27 April 2024. – P. 46–47.

10. Axmedov D.M., Aliyev Sh.E., Aliyev J.E. $L_2^{(2)}(-1,1)$ fazosida Koshi tipidagi singulyar integrallarni taqribiy hisoblash uchun optimal kvadratur formula usuli bilan yechishning Java dasturlash tilidagi dasturiy ta’minoti. – Intellectual Property Agency under the Ministry of Justice of the Republic of Uzbekistan, software certificate No. DGU 20239714, 30.11.2023.

“YASHIL IQTISODIYOT” KONSEPSIYASINING MOHIYATI VA RIVOJLANISH BOSQICHLARI

Mo‘minova Mohichexra Melikovna Samarqand
iqtisodiyot va servis instituti mustaqil izlanuvchisi

Annotatsiya: Jamiyatda asta-sekinlik bilan tabiiy resurslardan rekreatsion va ilmiy tadqiqot maqsadlarida foydalanish zarurati to‘g‘risidagi qarashlar shakllana boshladi. Bu esa, kelajak avlodlar oldida ekologik mas’uliyatga asoslangan ilmiy konsepsiyalarning vujudga kelishiga turtki bo‘ldi. Mazkur g‘oyalarning amaliyotga tatbiq etilishi, barqaror rivojlanish tamoyillarini hayotga tatbiq etish orqali amalga oshirilishi lozim. Ushu ilmiy izlanishlardan kelib chiqqan holda muallif maqolada “Yashil iqtisodiyot” konsepsiyasining mohiyati va rivojlanish bosqichlarini ilmiy asoslab bergan.

Kalit so‘zlar : xizmat, yashil iqtisodiyot, tadbirkor, qayta tiklanuvchi, energiya, resurs, globallashuv, chiqindisiz texnologiya, chiqindi, standart, texnologiya, “ijtimoiy–iqtisodiy–ekologik”.

Аннотация: В обществе постепенно начали формироваться взгляды о необходимости использования природных ресурсов в рекреационных и научно-исследовательских целях. Это, в свою очередь, послужило толчком к возникновению научных концепций, основанных на экологической ответственности перед будущими поколениями. Реализация данных идей на практике должна осуществляться посредством внедрения принципов устойчивого развития.Исходя из результатов данных научных

исследований, автор в статье научно обосновал сущность и этапы развития концепции «зелёной экономики».

Ключевые слова: услуга, зелёная экономика, предприниматель, возобновляемый, энергия, ресурс, глобализация, безотходная технология, отход, стандарт, технология, «социально–экономико–экологический».

Annotation: In society, views have gradually begun to form regarding the necessity of using natural resources for recreational and scientific research purposes. This, in turn, has stimulated the emergence of scientific concepts based on ecological responsibility toward future generations. The implementation of these ideas in practice should be carried out through the application of the principles of sustainable development.

Based on these scientific studies, the author has scientifically substantiated the essence and stages of development of the “green economy” concept in the article.

Key words: service, green economy, entrepreneur, renewable, energy, resource, globalization, waste-free technology, waste, standard, technology, “socio–economic–ecological”.

Kirish : Jamiyatda asta-sekinlik bilan tabiiy resurslardan rekreatsion va ilmiy tadqiqot maqsadlarida foydalanish zarurati to‘g‘risidagi qarashlar shakllana boshladi. Bu esa, kelajak avlodlar oldida ekologik mas’uliyatga asoslangan ilmiy konsepsiyalarning vujudga kelishiga turtki bo‘ldi. Mazkur g‘oyalarning amaliyotga tatbiq etilishi, barqaror rivojlanish tamoyillarini hayotga tatbiq etish orqali amalga oshirilishi lozim. Barqaror rivojlanish deganda, hozirgi avlod ehtiyojlarini to‘liq qondirish bilan birga, kelajak avlodlarning ham ehtiyojlarini qondirish imkoniyatlarini xavf ostiga qo‘ymaslikka asoslangan rivojlanish modeli tushuniladi. Ushbu kontseptsiya iqtisodiy, ijtimoiy hamda ekologik omillarning o‘zaro uyg‘unlikda taraqqiy etishini talab etadi.Boshqacha aytganda, barqaror rivojlanishni energetik samaradorlik orqali taraqqiy etuvchi, “ijtimoiy–iqtisodiy–ekologik” uchlik asosida shakllanuvchi jarayon sifatida tasavvur qilish mumkin.Ushbu rivojlanish modelida iqtisodiy yondashuv cheklangan tabiiy resurslardan oqilona foydalanish zaruratini ilgari suradi. Ijtimoiy yondashuv esa global miqyosda ijtimoiy barqarorlik hamda madaniy xilma-xillikni saqlashni ko‘zda tutadi. Ekologik yondashuv esa har qanday tabiiy-ekologik tizimlarning uzluksiz va barqaror faoliyat yuritishini ta’minlashga qaratilgan bo‘lishi kerak.

Tahlil va natijalar : Barqaror rivojlanish konsepsiyasiga nisbatan iqtisodiy yondashuvga E.R.Lindal hamda J.R.Xikslar asos solishgan. Xiks-Lindal yalpi daromadlarning maksimal oqimi nazariyasiga muvofiq daromad yalpi kapitalni saqlab qolgan holda yaratilishi zarur. Bunda cheklangan resurslar hamda ekologik (tabiiy resurslar, energiya hamda materiallarni tejovchi) texnologiyalardan oqilona foydalanish, ekologik mahsulotlar yaratish, chiqindilarni boshqarish nazarda tutiladi. Ushbu masalani hal etishdagi bosh muammo qaysi kapital (jismoniy, tabiiy yoki inson kapital) saqlanib qolishi hamda turli xil kapital turlari qanchalik o‘zaro o‘rin almashinishi hamda ushbu aktivlar (ekologik resurslar)

qiymatini baholash muammosi hisoblanadi. Natijada iqtisodiy barqarorlikning quyidagi ikki turi paydo bo‘ldi:

- kuchsiz – vaqt bo‘yicha kamaymaydigan tabiiy hamda jamg‘arilgan kapital iqtisodiy barqarorlik;
- kuchli – tabiiy kapitalning kamaymasligiga (qayta tiklanmaydigan resurslarni sotishdan tushgan foydaning bir qismi tiklanadigan tabiiy kapital qiymatini oshirishga yo‘naltirilishi zarurligiga) asoslangan iqtisodiy barqarorlik.”[1]

Barqaror rivojlanishning ijtimoiy tarkibi, avvalo, inson manfaatlariga yo‘naltirilgan bo‘lib, u ijtimoiy va madaniy tizimlarning izchil barqarorligini ta’minlashga qaratilgan. Ijtimoiy barqarorlikning muhim mezonlaridan biri jamiyatda mavjud boylik hamda ne’matlarni adolatli taqsimlash zaruratidir.

Inson taraqqiyoti konsepsiyasiga ko‘ra, inson faqat rivojlanishning ob’ekti emas, balki uning faol sub’ekti sifatida e’tirof etiladi. Mazkur yondashuv, barqaror rivojlanish g‘oyalarida markaziy o‘rin egallab, insonning hayotiy faoliyatini mustaqil shakllantirishi, qarorlar qabul qilishi, ularni amalga oshirishi hamda bajarilish jarayonini bevosita nazorat qilishi lozimligini ta’kidlaydi.

Shu ma’noda, barqaror rivojlanish konsepsiyasi inson salohiyatini ro‘yobga chiqarish, ijtimoiy hayotda faol ishtirok etish imkoniyatlarini kengaytirish va har bir shaxsning qaror qabul qilish jarayonlarida to‘laqonli qatnashuvini ta’minlashga xizmat qiladi.

Ekologik nuqtai nazardan barqaror rivojlanish tabiiy jismoniy hamda biologik tizimlarning yaxlitligini saqlab qolishni talab etadi. Bu jarayonda global biosferaning barqarorligini ta'minlab beruvchi ekotizimlar alohida ahamiyat kasb etadi. Tabiiy resurslarning degradatsiyalanishi, atrof-muhitning ifloslanishi hamda biologik xilma-xillikning kamayib borishi natijasida ekologik tizimlarning o‘zini tiklash salohiyati sezilarli darajada pasayadi.

Barqaror rivojlanishga erishishda iqtisodiy, ijtimoiy hamda ekologik komponentlarning o‘zaro muvofiqligini ta'minlash murakkab masala hisoblanadi. Bu jarayonda ushbu uch konsepsiya o‘rtasidagi o‘zaro ta’sir mexanizmlarining mavjudligi muhim ahamiyatga ega. Xususan, iqtisodiy hamda ijtimoiy komponentlar orqali jamiyatda avlodlar davomida adolatga erishish, daromadlarni adolatli taqsimlash hamda aholining ijtimoiy himoyaga muhtoj qatlamlariga manzilli yordam ko‘rsatish kabi dolzarb vazifalar ilgari surilmoqda. Iqtisodiy hamda ekologik yo‘nalishlarning uyg‘unlashuvi esa korxonalar faoliyatining atrof-muhitga ko‘rsatgan ta’sirini iqtisodiy hisobotlarda aks ettirish zaruriyatini yuzaga keltiradi.

Shu bilan birga, ijtimoiy hamda ekologik komponentlar hozirgi va kelajak avlodlar o‘rtasida tenglikni ta'minlash, kelajak avlod manfaatlarini e’tiborga olish, hamda aholining qarorlar qabul qilish jarayonida faol ishtirokini ta’minlash kabi muhim masalalarning dolzarbligini oshirmoqda.

Barqaror rivojlanishni ta’minlash borasidagi xalqaro amaliy faoliyati BMT tashabbusi bilan ilgari surilgan. 2000-yilda BMT Bosh Assambleyasi tomonidan

Ming-yillik rivojlanish maqsadlari qabul qilindi hamda 2015-yil qo‘yilgan maqsadlarga erishishni hisoblash-yili sifatida belgilab olindi. 2012-yilda BMTda Ming-yillik rivojlanish doirasida amalga oshirilishi yakunlanmay qolgan maqsadlarga erishish uchun jahon hamjamiyatini 2015-yildan keyingi rivojlanish maqsadlarini belgilab olish zaruriyati ta’kidlandi. Shu tarzda, BMTning 2012-yili barqaror rivojlanish mavzusida o‘tkazilgan “Rio+20” Konferensiyasida dunyo mamlakatlari rahbarlari Barqaror rivojlanish maqsadlarini (Sustainable Development Goals (SDGs)) ishlab chiqishga kelishib oldilar.

Barqaror rivojlanish maqsadlari har bir inson uchun farovon turmush tarzini yaratishga xizmat qiluvchi iqtisodiy, ijtimoiy, ekologik ko‘rsatkichlarni o‘z ichiga oladi. “Ushbu maqsadlar BMTga a’zo barcha

davlatlar tomonidan 2015-2030-yillarda amalga oshirilishi kun tartibiga kiritilgan, Barqaror rivojlanish maqsadlari dasturi 17 ta global maqsadlarni hamda ular bilan bog‘liq 169 ta vazifalarni o‘z tarkibiga oladi: 1) qashshoqlikni yo‘qotish; 2) ochlikni tugatish; 3) sog‘lik hamda farovonlik; 4) sifatli ta’lim; 5)gender tengligi; 6) toza suv va sanitariya; 7) arzon va toza energiya; 8) munosib ish olinlari yaratish va iqtisodiy o‘sish; 9) sanoatlashtirish, innovatsiyalar, infratuzilma; 10) tengsizlikni kamaytirish; 11) barqaror shaharlar va qulay yashash joylarini yaratish; 12) mas’uliyatli iste’mol va ishlab chiqarish; 13) iqlim o‘zgarishiga qarshi kurashish; 14) dengiz ekotizimlarini asrash; 15) quruqlikdagi ekotizimlarni asrash; 16) tinchlik, adolat va samarali boshqaruv; 17) barqaror rivojlanish yo‘lida hamkorlik.

O‘zbekiston ushbu maqsadlardan 16 tasini milliylashtirish hamda amalga oshirish vazifasini o‘z oldiga qo‘ygan. Respublika hududida dengiz havzalari mavjud bo‘lmagani bois, 14-maqsad (dengiz ekotizimlariniasrash) O‘zbekiston tomonidan milliylashtirilmagan”[2]

Barqaror rivojlanish doirasida “barqaror iqtisodiy o‘sishni ta’minlash, “sof texnologiyalar”ga nisbatan innovatsion yondashishni kuchaytirish, “yashil iqtisodiyot”ni shakllantirish muammolari xalqaro iqtisodiy, ekologik, investitsion forumlarda muntazam ravishda muhokama etib kelinmoqda. “Yashil iqtisodiyot” konsepsiyasini amaliyotga tatbiq etish masalalari ushbu muhokamalarning negizini tashkil etadi. Shuningdek qayd etilganidek, “barqaror rivojlanish” konsepsiyasi dunyo mamlakatlarining bosh maqsadiga aylanib bormoqda”[3]. Ushbu masalaning kulminatsion cho‘qqisi 2015-yilda Fransiyaning “Parij shahrida o‘tkazilgan BMT ning iqlim isishiga bag‘ishlangan konferensiyada 195 mamlakattomonidan global isish darajasini +2 C da ushlab turish siyosatini qabulqilishi bilan belgilandi. Konferensiyada 147 ta mamlakat “yashiliqtisodiyot” rejalarini, 147 ta mamlakat tiklanadigan energiya manbalaridan foydalanish dasturlarini hamda 167 ta mamlakat energiya samaradorligini iqlim o‘zgarishlariga munosib ravishda oshirish tavsiyalarini taqdim etishdi”[4].

“Yashil iqtisodiyot”ga o‘tish konsepsiyasi o‘z rivojlanish tarixiga ega hamda quyidagi bosqichlarga bo‘linadi :

Birinchi bosqich -1950-1960-yillar iqtisodiyotning atrof muhit hamda insonga salbiy ta’sirini anglab yetish davri hisoblanadi. Bu davrda iqtisodiy rivojlanish hamda atrof muhitning degradatsiyalashuvi o‘rtasidagi bog‘liqlik to‘liq anglab yetilgan bo‘lsa-da, ekologik muammolar iqtisodiy rivojlanish jarayonida tabiatni muhofaza qilish zarurligini e’tiborga olish bilan cheklanib qolgan.

Bu davrda atrof muhitning degradatsiyalashuviga bag‘ishlangan qator xalqaro anjumanlar o‘tkazildi. Jumladan, 1955-yilda dunyoning yirikshaharlarida zaharli gazlardan o‘lim holatlarining ko‘payishi atmosferaning ifloslanishiga bag‘ishlangan birinchi xalqaro konferensiya o‘tkazildi. “Xalqaro darajada muvofiqlashtirish hamda kelishuvning yo‘qligi, biznes hamda atrof muhit muhofazasi borasidagi vazifalarning bir biriga to‘g‘ri kelmasligi edi. BMT Bosh Assambleyasi 1962-yil 18-dekabrda “iqtisodiy rivojlanish hamda tabiatni muhofaza qilish” (1831 (XVII) to‘g‘risidagi rezolyutsiyasini qabul qildi”[5].

Ikkinchi bosqich - 1960-1970-yillarni o‘z ichiga oladi. Ushbu bosqichda barqaror iqtisodiy rivojlanish tufayli tabiiy resurslardan jadalsur’atlarda intensiv foydalanish hamda atrof muhitni ifloslantirish iqtisodiyotning moddiy-resurs bazasini izdan chiqarishi hamda inson turmush farovonligining pasayishiga olib kelishi to‘g‘risidagi bahs-munozatlar kuchaydi. Muhokamalardagi bosh g‘oya - tabiiy resurslarni hamda inson uchun qulay atrof muhitni saqlab qolish maqsadida tejamkor (ratsional) iqtisodiyotni shakllantirishdan iborat edi.

1970-yillarda tabiiy resurslar muhofazasiga bag‘ishlangan turli xil tashkilotlarning harakat dasturlari shakllana boshladi. 1970-yilda AQSh ning ekologik siyosatini yanada takomillashtirish maqsadida tabiiy resurslarni muhofaza etish bo‘yicha Kengash tashkil etildi. Shu-yili atrof muhitni muhofaza qilish bo‘yicha birinchi milliy seminar shaklida Yer kuni o‘tkazildi. 1971-yili Angliyada atrof muhit muhofazasi hamda taraqqiyoti bo‘yicha xalqaro institut tashkil etilib, uning maqsadi tabiatga ziyon yetkazmay iqtisodiy rivojlanish yo‘llarini izlashdan iborat edi 1972-yili Stokgolmda (Shvetsiya) atrof muhit muhofazasiga bag‘ishlangan BMT Konferensiyasi bo‘lib o‘tib, unda BMTning Atrof muhit dasturi (UNEP) ishlab chiqildi.

Uchinchi bosqich - 1980-1990-yillar. Ushbu davr rivojlangan mamlakatlarda “yashil texnologiyalar”ni jadal sur’atlarda rivojlanish bosqichi bo‘lib, ekologik modernizatsiya g‘oyasi ilgari surildi. Mazkur g‘oyaning asosiy mazmuni iqtisodiy o‘sish hamda sanoatning rivojlanishi ekologik jihatdan moslashishi iqtisodiyot nuqtai nazaridan maqsadga muvofiq ekanligi bilan Izoh:lanadi. Ushbu davrda mutaxassislar o‘rtasida barqaror rivojlanish konsepsiyasi shakllana boshladi.

1983-yilda “Atrof muhit hamda rivojlanish bo‘yicha Butun jahon komissiyasi tashkil etildi. Komissiya uch-yil davomida iqtisodiy, ijtimoiy-madaniy hamda ekologik omillarning o‘zaro ta’siri hamda aloqadorligi masalalarini o‘rgandi. Mazkur ma'ruza “barqaror rivojlanish” (sustainable development) tushunchasini ommalashtirishga xizmat qildi.

Barqaror rivojlanish (ingl. sustainable development) – bu iqtisodiy hamda ijtimoiy o‘zgarishlar jarayoni bo‘lib, unda tabiiy resurslar ekspluatatsiyasi sarmoyalar yo‘nalishi, ilmiy-texnik rivojlanish, shaxs rivoji hamda institutsional o‘zgarishlar bir-biri bilan bog‘liq bo‘lib, insonning ehtiyojlarini qondirish uchun bugungi hamda ertangi salohiyatni shakllantiradi”[6]. Ushbu holatda asosan inson hayoti sifatini oshirish nazarda tutiladi,

1992-yilda Rio-de-Jeneyroda Atrof muhit hamda uning rivojlanishi bo‘yicha Konferensiya (Yer sammiti) o‘tkazildi.

1997-yilda “Kioto protokoli imzolandi. Kioto protokoli – BMTning Iqlim o‘zgarishi bo‘yicha Hadli Konvensiyasi (1992)ga qo‘shimcha ravishda qabul qilingan hujjat bo‘lib, Yaponiyaning Kioto shahrida 1997-yil dekabr oyida qabul qilingan. Ushbu hujjat turli xil mamlakatlar va o‘lish iqtisodiyoti mamlakatlari oldiga issiqxona gazlari emissiyasini qisqartirish vazifasini qo‘ydi”[7].

To‘rtinchi bosqich - 2000-2010-yillar. Barqaror rivojlanish konsepsiyasining xalqaro va miliiy qonunchilikda, biznes-muhitda, ommaviy axborot vositalarida qayd etilishi hamda mustahkamlanishi. Global moliyaviy-iqtisodiy inqiroz xalqaro iqtisodiy tizimlarning beqarorligi muammosini yangicha talqin etishga undadi. “Erkin bozor” biosfera resurslarini saqlab qolish hamda ijtimoiy adolat manfaatlarini himoya qilish, uzoq muddatli davrda iqtisodiy barqarorlikni ta’minlash nuqtai nazaridan o‘z-o‘zini tartibga solishga qodir emasligi g‘oyasi ilgari surildi. Ushbu bosqichda xalqaro sammitlar hamda konferensiyalar o‘tkazildi Ular jumlasiga 2000-yilda Nyu-York shahrida o‘tkazilgan BMTning Ming-yillik Sammiti (Ming-yillik maqsadlarining e’lon qilinishi), 2006-yilda Yoxannesburgda o‘tkazilgan “Rio+10” Barqaror rivojlanish bo‘yicha umumjahon sammiti.

2012-yili Rio-de-Janeyroda BMT ning barqaror rivojlanish bo‘yicha “Rio+20” nomini olgan Konferensiyalarini kiritish mumkin. “Yashil iqtisodiyot” tushunchasi 2008-2009-yillardagi jahon moliyaviy-iqtisodiy inqirozi sharoitida BMT tizimida keng qo‘llanila boshladi. Jumladan, 2009-yilda “UNEP tomonidan “Yangi yashil kurs”, deb nomlangan tahliliy ma’ruza e’lon qilindi. Mazkur ma’ruzada sanoat hamda infratuzilmada “yashil investitsiyalar” yoki ekologik “sof” texnologiyalarni rag‘batlantirish bo‘yicha chora-tadbirlar taklif etildi”[8] *. UNEP “yashil” rag‘batlantirish g‘oyasini himoya qilib, yirik miqdordagi davlat investitsiyalari “yashil iqtisodiyot”ning rivojlanishi uchun turtki berishi mumkin bo‘lgan sohalarni aniqlab berdi.

“Yashil iqtisodiyot”ni rivojlantirishga bag‘ishlangan ilk “ilmiy tadqiqotlar XX asrning 70-yillaridan boshlangan Jumladan, 1972-yilda Stokgolmda ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanish hamda ekologiya muammolariga bag‘ishlangan xalqaro konferensiyada atrof muhitni saqlab qolish va rivojlantirishga qaratilgan 26 ta tamoyil ishlab chiqildi”[9].

“Iqtisodiy adabiyotda “yashil iqtisodiyot” tushunchasi ilk marotaba 1989-yilda qo‘llanilganligiga qaramasdan uning mohiyati hozirga qadar turlicha talqin etiladi. Ayrim manbalarda “yashil iqtisodiyot” mamlakat tabiatini yaxshilashga

ko‘maklashuvchi iqtisodiyotning yangi tarmoqlari sifatida tadqiq qilinsa, ba’zi tadqiqotlarda “yashil iqtisodiyot” tabiatga yordam beruvchi va foyda keltiruvchi yangi texnologiyalar, ekotizimlar sifatida o‘rganiladi, uchinchi guruh tadqiqotlarda esa “yashil iqtisodiyot” - bu ekologik toza mahsulotlar yaratishga yo‘naltirilgan rivojlanishning yangi bosqichiga o‘tish hisoblanib, uning asosini sof yoki “yashil” texnologiyalar tashkil etadi deyiladi.”[10].

“Yashil iqtisodiyot” tushunchasining keng tarqalgan, nisbatan to‘liq ta’rifi “UNEP tomonidan ishlab chiqilgan bo‘lib, “yashil iqtisodiyot” – bu “insonlar farovonligi hamda ijtimoiy tengligining yaxshilanishi, ekologik risklar hamda ekologik taqchillikni sezilarli darajada kamaytirish”ga olib keluvchi iqtisodiyotdir Ushbu tushunchaning mohiyatini yoritib berishda umumqabul qilingan yondashuvning mavjud emasligi “yashil iqtisodiyot” konsepsiyasi shakllanish bosqichida ekanligidan dalolat beradi. Ushbu konsepsiya iqtisodiyot tarmoqlari, “yashil iqtisodiyot” nazariyasi, tamoyillari yoki “yashil iqtisodiyot” siyosatiga nisbatan ham qo‘llanilishi mumkin”[11].

“Yashil iqtisodiyot” konsepsiyasining maqsadi barqaror iqtisodiy o‘sishni ta’minlash va investitsiyaiar faolligini oshirish, atrof muhit muhofazasi hamda ijtimoiy integratsiya sifatini yaxshilash hisoblanadi[12]. Ushbu maqsadga erishish uchun davlat va xususiy investitsiyalarni barqaror rivojlanishning ekologik hamda ijtimoiy omillariga keng miqyosda yo‘naltirish zarur bo‘ladi.

Xulosa : Xulosa qilib aytganda “yashil iqtisodiyot” barqaror rivojlanish o‘rni bosa olmaydi hamda barqaror rivojlanishga erishishga xizmat qiluvchi muhim mezon hisoblanadi. Barqaror rivojlanishning mazmuni hozirgi avlod o‘z iqtisodiy faoliyatini shunday tashkil etishi kerakki, keyingi Avlodlar ulardan kam bo‘magan iqtisodiy imkoniyatlar va turmush farovonligiga ega bo‘lishlari lozimligida namoyon bo‘ladi. Barqaror rivojlanish iqtisodiy, ijtimoiy hamda ekologik komponentlarni yaxlit, o‘zaro bog‘liqlikda rivojlantirishni taqozo etadi.

“Yashil iqtisodiyot” konsepsiyasi tarafdorlari amal qilayotgan iqtisodiy tizim aholi turmush darajasining yaxshilanishida muayyan ijobiy natijalarga olib kelganligiga qaramasdan mukammal emas, deb hisoblashadi. Ekologiyaning buzilishi (iqlim o‘zgarishi, cho‘llashish, bio xilma-xillikning yo‘qotilishi), tabiiy kapital cheklanganligi, tugab borayotganligi, kambag‘allik miqyosining ortib borishi, chuchuk suv, oziq- ovqat. energiyaning yetishmasligi, odamlar va mamlakatlar o‘rtasidagi tengsizlik kabi muammolar amaldagi iqtisodiy tizimning mukammal emasligini shahodatlovchi holatlar hisoblanadi. Yuqorida qayd etilgan sabablarga ko‘ra amaldagi iqtisodiy model “jigar rang iqtisodiyot’’ deb ataladi.

Qayd etib o‘tilgan ta’riflarni umumlashtirgan holda “yashil iqtisodiyot”ning tor va keng ma’nodagi ta’riflarini farqlash mumkin. Torma’noda “yashil iqtisodiyot”ni an’anaviy iqtisodiyot bilan yonma-yon rivojlanayotgan muayyan larmoqlar yig‘indisi sifatida tavsiflash mumkin.

Keng ma’noda esa “yashil iqtisodiyot” uchun muhim dinamik jihat, ya’ni iqtisodiy tizimda ekologiyaga yo‘naltirilgan o‘zgarishlar muhim ahamiyat kasb etadi. Umuman, “barqaror rivojlanish”, “yashil o‘sish” hamda “yashil iqtisodiyot”

tushunchalari o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlik “yashil iqtisodiyot” tushunchasining mazmunini chuqurroq ochib berish imkonini beradi. “Yashil iqtisodiyot”ni shakllantirish “yashil o‘sish”ni ta’minlab beradi va barqaror rivojlanish strategiyasini amalga oshirishga ko‘maklashadi. Demak, “yashil iqtisodiyot”ni barqaror rivojlanishning uzoq muddatli maqsadlariga erishishning asosi sifatida qabul qilish mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1.https://www.researchgate.net/publication/301638196_The_concept_of_sustainable_development_as_a_methodological_base_to_form_strategy_for_enterprises_of_oil_complex

2.O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2018 yil 20 oktyabrdagi “2030 yilgacha bo‘lgan davrda barqaror rivojlanish sohasidagi milliy maqsad va vazifalarni amalga oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi 841-sonli qarori.

3.Jonathan M. Harris. Sustainability and Sustainable Development. International Society for Ecological Economics. p.1

4.http://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/cop21/

5. https://www.un.org/ru/ga/17/docs/17res.shtml

6.https://www.un.org/ru/ga/pdf/brundtland.pdf

7.http://unfccc.int/recource/docs/convkp/kprus.pdf

8.Глобальный «зеленый» новый курс доклад UNEP / UNEP. - 2009.

http://www.uncclearn.org/sites/www.uncclearn.org/files/inventory/UNEP90_RUS.pdf март. 42 с URL

9.Декларация Конференции ООН по проблемам окружающей человека среды от 16.06.1972 // Консультант плюс 4012.00.32 2002-2013.

10.Blueprint for a green economy: David Pearce, Anil Markandya and Edward B. Barbier. Earthscan, London, Great Britain, 1989. 192 pp.

11.Навстречу «зеленой» экономике: пути к устойчивому развитию и искоренению бедности / Штайнер А., Айрис Р., Бэсса С. И др: ЮНЕП/Грид Арендаль, 2011. С. 176

12.O‘sha manba C 20

YASHIL IQTISODIYOT SHAROITIDA XIZMAT KO‘RSATISHNI SAMARALI RIVOJLANTIRISH VA UNI TARTIBGA SOLISH DARAJALARI

M.M.Muminova SamISI mustaqil tadqiqotchisi

Annotatsiya: Yashil iqtisodiyot sharoitida xizmat ko‘rsatishni samarali rivojlantirish va uni tartibga solish uch asosiy bosqichda – makroiqtisodiy, mezoiqtisodiy va mikroiqtisodiy darajalarda amalga oshiriladi. Har bir bosqichning o‘ziga xos xususiyatlari mavjud bo‘lib, ular bir-biri bilan uzviy bog‘liq . Maqolada

Yashil iqtisodiyot sharoitida xizmat koʻrsatishni samarali rivojlantirish va uni tartibga solish darajalari koʻrsatib berilgan.

Kalit soʻzlar: yashil iqtisodiyot, xizmat koʻrsatish , ijtimoiy, iqtisodiy, ekologiya, fan-texnika, iqtisodiy oʻsish, mikroiqtisodiy daraja, makroiqtisodiy daraja, mezoiqtisodiy daraja , prognoz, brend, raqobat .

Mamlakatimizda yashil iqtisodiyot sharoitida bir qator ustuvor va strategik ahamiyatga molik maqsadlarga erishish xizmat koʻrsatish sohasini tartibga solish zaruriyatini keltirib chiqaradi. Bunda, birinchi navbatda, hududda amalga oshiriladigan faoliyatni tizimli rejalashtirish va uni maqsadli koʻrsatkichlarga erishishga yoʻnaltirilgan holda tartibga solish maqsadga muvofiqdir. Yashil iqtisodiyot sharoitida xizmat koʻrsatish salohiyatiga ega boʻlgan hududlarda faoliyatni rejalashtirishda, ushbu hududlarda xizmat koʻrsatish jarayonida majmua shakllanishi jarayonini hisobga olish hamda xizmatlar aholi punktlarining vujudga kelishiga alohida e'tibor qaratish lozim. Shuningdek, hududni rivojlantirish rejalari har bir davlatning milliy va mintaqaviy strategik dasturlari bilan uygʻunlashtirilgan holda amalga oshirilishi talab etiladi.

Davlat tomonidan tartibga solish mexanizmlaridan biri sifatida dastur va rejalarni ishlab chiqish, shuningdek, davlat boshqaruvi faoliyatining aniq yoʻnalishlarini belgilash muhim ahamiyat kasb etadi. Ushbu jarayonda prognozlash dastlabki bosqich sifatida xizmat qilib, yashil iqtisodiyot sharoitida rivojlanish yoʻnalishlarini shakllantirish imkonini beradi. Davlat siyosatida prognozlashning asosiy maqsadi – iqtisodiyotni rivojlantirish tendensiyalarini ilmiy tahlil qilish, ijtimoiy takror ishlab chiqarish jarayonlarining istiqbolli yoʻnalishlarini aniqlash, qabul qilinayotgan qarorlarning potensial ta'sirini baholashda real natijalarga erishish uchun ilmiy asoslangan tavsiyalarni ishlab chiqishdan iborat.

Shuningdek, ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishni prognozlash turli ssenariy modellarini ishlab chiqish orqali amalga oshirilib, bu jarayon vakolatli organlar tomonidan davlat siyosatini shakllantirishda muhim axborot manbai sifatida qoʻllanilishi mumkin. Bunday yondashuv davlat boshqaruvini optimallashtirish, xizmat koʻrsatish sohasidagi resurslardan samarali foydalanish va hududlarning yashil iqtisodiyot sharoitida rivojlanishini ta'minlash imkonini beradi.

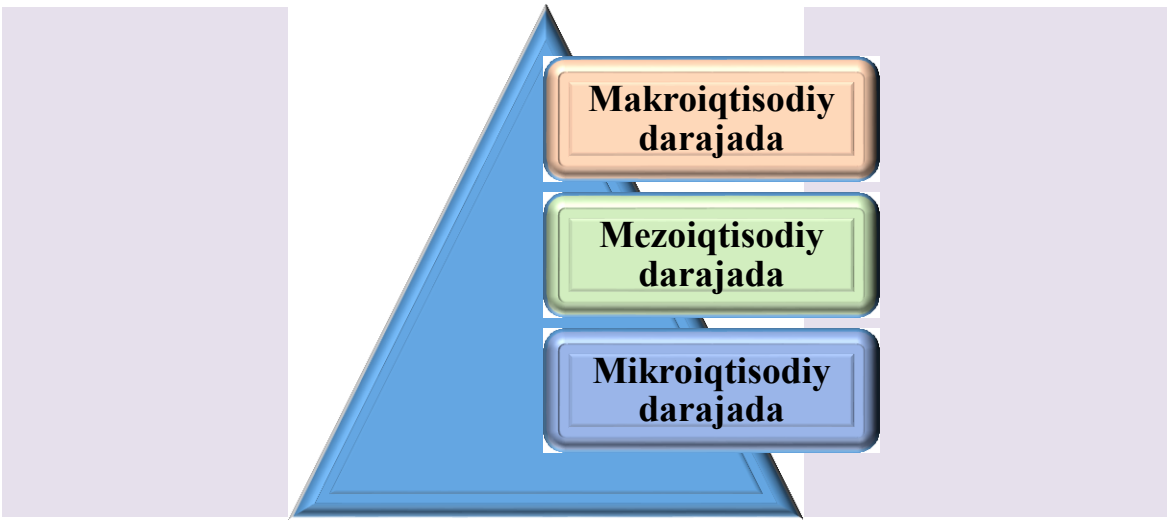
Mamlakatimizda yashil iqtisodiyot sharoitida xizmat koʻrsatish sohasini rivojlantirish quyidagi yoʻnalishlarda katta ahamiyatga ega:

mamlakatimizning xizmat koʻrsatish salohiyatini keng targʻib qilish va uni jahon miqyosida raqobatbardosh brend sifatida shakllantirish zarur, chunki bu nafaqat iste'molchi lik oqimini oshirishga, balki sohaning investitsion muhitini yanada jozibador qilishga imkon yaratadi;

xizmat koʻrsatish sohasi rivojlanishi barcha darajadagi (mahalliy, milliy va umumiy konsolidatsiyalashgan) byudjetlarning daromad bazasini mustahkamlashga xizmat qilib, soliq tushumlarini oshirish va aholi uchun qoʻshimcha bandlik imkoniyatlarini kengaytirishga zamin yaratadi;

mamlakat aholisining ta’lim va madaniy darajasini oshiradi, ya’ni yangi ta’lim va bilim sohalarini yuzaga keltirish barobarida yangi kasb-malaka yo‘nalishlarini ham shakllantiradi.

Yashil iqtisodiyot sharoitida xizmat ko‘rsatishni samarali rivojlantirish va uni tartibga solish uch asosiy bosqichda – makroiqtisodiy, mezoiqtisodiy va mikroiqtisodiy darajalarda amalga oshiriladi. Har bir bosqichning o‘ziga xos xususiyatlari mavjud bo‘lib, ular bir-biri bilan uzviy bog‘liq (1-rasm).



1-rasm. Yashil iqtisodiyot sharoitida xizmat ko‘rsatish sohasini samarali rivojlantirish va uni tartibga solish darajalari[1]

Yashil iqtisodiyot sharoitida xizmat ko‘rsatish ni rivojlantirish va uning iqtisodiyotga integratsiyasini ta’minlash uchun samarali tartibga solish tizimini shakllantirish muhim ahamiyatga ega. Bu tizim bir-biri bilan bog‘liq va uyg‘un ravishda ishlaydigan makroiqtisodiy, mezoiqtisodiy va mikroiqtisodiy darajalarda amalga oshiriladi.

Makroiqtisodiy darajada – davlat siyosati asosiy yo‘nalishlar va strategik maqsadlarni belgilaydi. Mamlakat miqyosida yashil iqtisodiyot sharoitida xizmat ko‘rsatish ni rivojlantirish uchun davlat tomonidan xizmat ko‘rsatish strategiyalari ishlab chiqilishi, me’yoriy-huquqiy baza takomillashtirilishi va infratuzilmani yaxshilashga qaratilgan chora-tadbirlar amalga oshirilishi lozim. Shu bilan birga, davlat va xususiy sektor o‘rtasidagi hamkorlikni mustahkamlash, xalqaro tashkilotlar bilan hamkorlikda xizmat ko‘rsatish sohasini qo‘llab-quvvatlash, investitsiyaviy muhitni yaxshilash va ekologik yashil iqtisodiyot sharoitida likni ta’minlash kabi vazifalarga alohida e’tibor qaratiladi. Xizmat ko‘rsatish industriyasini tartibga solish va rivojlantirish maqsadida xalqaro standartlarga mos qonunchilikni joriy qilish ham muhim vazifalardan biri hisoblanadi.

Mezoiqtisodiy darajada – hududiy xizmat ko‘rsatish rivojlantirish strategiyalari amalga oshiriladi. Har bir hududning o‘ziga xos tabiiy va madaniy resurslari mavjud bo‘lib, ularni yashil iqtisodiyot sharoitida xizmat ko‘rsatish ga

[1] Muallif tomonidan ishlab chiqilgan.

moslashtirib rivojlantirish zarur. Hududiy darajada xizmat ko‘rsatish infratuzilmasini modernizatsiya qilish, mehmonxonalar va transport kommunikatsiyalarini yaxshilash, hududiy marketing va brendingni kuchaytirish, shuningdek, xizmat ko‘rsatish klasterlarini shakllantirish muhim ahamiyat kasb etadi. Yashil iqtisodiyot sharoitida xizmat ko‘rsatish tamoyillari asosida hududiy ekologik standartlarni shakllantirish, tabiiy resurslardan oqilona foydalanish va madaniy meros obyektlarini muhofaza qilish masalalari ham dolzarbdir.

Mikroiqtisodiy darajada – mahalliy darajadagi xizmat ko‘rsatish faoliyatini tartibga solish va rivojlantirishga yo‘naltirilgan chora-tadbirlar ko‘riladi. Yashil iqtisodiyot sharoitida xizmat ko‘rsatish ga ixtisoslashgan xizmatlar sifati oshirilishi, mahalliy tadbirkorlik qo‘llab-quvvatlanishi va innovatsion yondashuvlar orqali raqobatbardosh xizmatlar mahsulotlar yaratilishi talab etiladi. Xizmat ko‘rsatish sohasida faoliyat yuritayotgan mahalliy subyektlar, mehmonxonalar, restoranlar, gidlar va ekskursiya tashkilotlari xizmatlarining xalqaro standartlarga muvofiq bo‘lishi uchun kompleks choralar amalga oshirilishi zarur. Shuningdek, mahalliy aholi xizmat ko‘rsatish jarayoniga keng jalb etilishi va ularning faol ishtiroki ta’minlanishi kerak. Hududiy xizmatlar obyektlar atrofida ijtimoiy infratuzilmani yaxshilash va ekologik me’yorlarga rioya qilish ham mikroiqtisodiy darajadagi boshqaruv tizimining muhim jihatlaridan biridir. Xizmat ko‘rsatish sohasini kompleks rivojlantirish jarayonida marketing strategiyalarini ishlab chiqish, raqamli texnologiyalarni joriy etish va mahalliy mahsulotlarni ilgari surish kabi vazifalarga alohida e’tibor qaratiladi.

Yashil iqtisodiyot sharoitida xizmat ko‘rsatish sohasini rivojlantirish jarayonida yuqoridagi uch daraja bir-biri bilan uzviy bog‘liq bo‘lishi va uyg‘un ravishda ishlashi lozim. Makroiqtisodiy darajada ishlab chiqilgan strategiyalar mezoiqtisodiy darajada amalga oshirilib, hududiy rivojlanishni ta’minlaydi. Bu esa o‘z navbatida mikroiqtisodiy darajada mahalliy tadbirkorlik va xizmatlar sektorining rivojlanishiga turtki beradi. Davlat siyosati, hududiy rivojlanish va mahalliy boshqaruv o‘rtasida samarali muvofiqlashtirish mexanizmi yaratilgan taqdirda, yashil iqtisodiyot sharoitida xizmat ko‘rsatish iqtisodiy o‘sish, yashil iqtisodiyot sharoitida ijtimoiy va ekologik muhofazani ta’minlovchi strategik sektorga aylanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1.Nicholas Herbert Stern. The Economics of Climate Change // The Stern Review, Cambridge University Press. 2006. – 579 b. ISBN:9781139930765, 1139930761

2. Глобальный «зеленый» новый курс: доклад UNEP. – 2009. – март. – 42 с – URL: org/files/inventory/ UNEP90_RUS. pdf (дата обращения: 30.01.2014). www.uncclearn.org/sites/www.uncclearn.

3.The Green Economy Pocketbook: The case for action. – London : Green Economy Coalition, 2012. – 58 p. www.cawater-info.net/green-growth/files/green-economy-pocketbook.pdf.

4.Jinsheng Jeyson Chju, Ruitian Chjan, Kesone Kanhalik va boshqalar // Green economy studies amongst the global climate change challenge between 2016 and 2022: a bibliometric review. Frontiers. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fevo.2023.1168437/full

5.Jacobs M. Green Growth: Economic Theory and Political Discourse / Michael Jacobs. – London: Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment, Centre for Climate Change Economics and Policy, 2012.

EKOLOGIK MONITORING TIZIMLARIDA IOT VA RAQAMLI EGIZAK TEXNOLOGIYALARIDAN FOYDALANISH

Usanov Kamoliddin Xolboyevich
Samarqand iqtisodiyot va servis institute
«Oliy matematika» kafedrasi o‘qituvchisi

Annotatsiya: Maqolada sensorlar tarmog‘i (IoT) va raqamli egizak konsepsiyasi asosida atrof-muhit holatini real vaqtda boshqarish arxitekturasi taklif etilgan. Daryo suvi sifatini tavsiflovchi Streeter–Phelps modeli va Kalman filtri yordamida egizak modelni o‘lchovlar bilan yangilash usuli bayon qilingan.

Kalit so‘zlar: IoT, raqamli egizak, Kalman filtri, Streeter–Phelps modeli, ekologik monitoring, real vaqt

1. Kirish: Zamonaviy ekologik monitoringning asosiy yo‘nalishi ma'lumotlarni qo‘lda va davriy yig‘ishdan avtomatlashtirilgan, uzluksiz kuzatuvga o‘tishdir. Buning uchun suv, havo va tuproq holatini o‘lchovchi sensorlar internet orqali yagona platformaga ulanadi. Bunday tizim buyumlar interneti (IoT) deb ataladi.

Yig‘ilgan ma'lumotlar o‘z-o‘zidan qaror qabul qilish uchun yetarli emas: ularni ob'ektning matematik modeli bilan birlashtirish kerak. Shu g‘oya raqamli egizak konsepsiyasining asosini tashkil etadi. Maqolada IoT sensorlari va raqamli egizak asosida daryo suvi sifatini boshqarish tizimi arxitekturasi va uning matematik asoslari ko‘rib chiqiladi.

2. Tizim arxitekturasi:

Taklif etilayotgan arxitektura to‘rt qatlamdan iborat. Birinchisi – o‘lchov qatlami: suvning erigan kislorodi, harorati, pH, loyqaligi va elektr o‘tkazuvchanligini o‘lchaydigan sensorlar. Ikkinchisi – uzatish qatlami: simsiz aloqa protokollari orqali ma'lumotlar markazga yuboriladi; energiya tejamkorligi uchun kam quvvatli keng qamrovli tarmoqlar qulay. Uchinchisi – qayta ishlash qatlami: ma'lumotlar tozalanadi, saqlanadi va raqamli egizak modeli bilan solishtiriladi. To‘rtinchisi – ilova qatlami: tahlil paneli, ogohlantirish xabarlari va qarorlarni qo‘llab-quvvatlash moduli.

Raqamli egizak real ob'ektning (masalan, daryo uchastkasi yoki oqava suv tozalash inshooti) matematik modeli bo‘lib, sensor ma'lumotlari bilan doimiy yangilanib turadi. Grieves va Vikers taklif etgan konsepsiyaga ko‘ra, egizak

ob'ekt bilan ikki tomonlama aloqada bo‘ladi: ob'ektdan ma'lumot oladi va egizakda sinab ko‘rilgan qarorlar real ob'ektga qo‘llaniladi.

3. Daryo suvi sifati modeli va Kalman filtri

Egizak modeli sifatida klassik Streeter–Phelps modelini olamiz. U organik ifloslanish (biokimyoviy kislorod sarfi L) va erigan kislorod tanqisligi D o‘zgarishini tavsiflaydi:

$$\frac{dL}{dt} = -k_d L, \qquad \frac{dD}{dt} = k_d L - k_a D$$

bu yerda k_d – organik moddalarning parchalanish koeffitsienti, k_a – suvning atmosferadan kislorod bilan to‘yinish koeffitsienti. Tenglamalar yechimi quyidagi ko‘rinishga ega:

$$D(t) = \frac{k_d L_0}{k_a - k_d}(e^{-k_d t} - e^{-k_a t}) + D_0 e^{-k_a t}$$

Bu ifodadan oqava tushirilgan joydan quyi oqimda kislorod tanqisligi avval ortib, kritik nuqtada maksimumga yetishi va so‘ng tiklanishi ko‘rinadi. Modellar parametrlari noaniq bo‘lgani va sensorlar shovqinli ma'lumot bergani sababli, egizak holati Kalman filtri bilan tuzatiladi. Tizim holati vektori x_k uchun bashorat va tuzatish bosqichlari quyidagicha:

$$\hat{x}_k^- = F\,\hat{x}_{k-1} + B\,u_k, \qquad P_k^- = F\,P_{k-1}F^T + Q$$
$$K_k = P_k^- H^T (H P_k^- H^T + R)^{-1}$$
$$\hat{x}_k = \hat{x}_k^- + K_k(z_k - H\hat{x}_k^-)$$

Bu yerda F – holat o‘tish matritsasi, z_k – sensor o‘lchovi, H – o‘lchov matritsasi, Q va R – model va o‘lchov shovqini kovariatsiyalari, K_k – Kalman kuchaytirish matritsasi. Sensor ishonchli bo‘lsa (R kichik), K_k katta bo‘ladi va model o‘lchovga ko‘proq tayanadi; aks holda model bashoratiga ko‘proq ishoniladi.

4. Qo‘llash va cheklovlar

Raqamli egizak «agar ma'lum tozalash inshootidan chiqayotgan oqava hajmi oshirilsa, quyi oqimda suv sifati qanday o‘zgaradi» kabi savollarga real ob'ektga zarar yetkazmasdan javob olishga imkon beradi. Shuningdek, sensor o‘lchovlari va model bashorati o‘rtasidagi sezilarli farq ifloslanish hodisasi yoki sensor nosozligi haqida erta signal beradi.

Tizimning ishonchliligi uchun bir necha shart muhim. Sensorlar muntazam kalibrlanishi va himoya qilinishi kerak, chunki biologik qoplama va korroziya o‘lchovlarni buzadi. Ma'lumotlarni uzatishda kiberxavfsizlik choralari ko‘riladi. Model parametrlari fasl va suv sathiga qarab qayta baholanadi, aks holda egizak real ob'ektdan uzoqlashib ketadi. Shuningdek, ma'lumotlar ochiqligi va ularni qaror qabul qiluvchilar hamda jamoatchilik uchun tushunarli shaklda taqdim etish ham muhim.

Metodika daryo havzalari, suv omborlari, sanoat korxonalari oqavalarini kuzatishda va ekologik me'yorlarga rioya etilishini nazorat qilishda qo‘llanilishi mumkin.

Xulosa: IoT sensorlari va raqamli egizak birgalikda ekologik monitoringni passiv kuzatuvdan faol boshqaruvga aylantiradi. Streeter–Phelps modeli va Kalman filtri yordamida real vaqtda yangilanuvchi egizak qurish mumkinligi ko‘rsatildi. Bunday tizimlar ifloslanish xavfini erta aniqlash va ekologik qarorlarni ma'lumotlarga asoslash uchun muhim vositadir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Streeter H.W., Phelps E.B. A study of the pollution and natural purification of the Ohio River // U.S. Public Health Service Bulletin No. 146, 1925.
2. Kalman R.E. A new approach to linear filtering and prediction problems // Journal of Basic Engineering, 1960, 82(1), 35–45.
3. Welch G., Bishop G. An Introduction to the Kalman Filter. – Chapel Hill: University of North Carolina, Technical Report TR 95-041, 1995.
4. Simon D. Optimal State Estimation: Kalman, H∞, and Nonlinear Approaches. – Hoboken: Wiley, 2006.
5. Gubbi J., Buyya R., Marusic S., Palaniswami M. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions // Future Generation Computer Systems, 2013, 29(7), 1645–1660.
6. Grieves M., Vickers J. Digital twin: Mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior in complex systems // Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems. – Cham: Springer, 2017, 85–113.
7. Tao F., Zhang H., Liu A., Nee A.Y.C. Digital twin in industry: State-of-the-art // IEEE Transactions on Industrial Informatics, 2019, 15(4), 2405–2415.

O‘ZBEKISTONDA MEHMONXONA VA SHUNGA O‘XSHASH JOYLASHTIRISH VOSITALARINING RIVOJLANISH HOLATINI TAHLILI

Mir-Jafarova Aziza Javoxirovna “Ipak yo‘li” turizm va madaniy meros xalqaro universitetining mustaqil tadqiqotchisi

Annotatsiya: Mehmonxona va shunga o‘xshash joylashtirish vositalari turizm infratuzilmasining asosiy tarkibiy qismi bo‘lib, turistlar va boshqa tashrif buyuruvchilarga vaqtinchalik yashash, ovqatlanish, dam olish hamda qo‘shimcha xizmatlarni taqdim etuvchi xo‘jalik yurituvchi subyektlar hisoblanadi. Shu nuqtai nazardan muallif maqolada O‘zbekistonda mehmonxona va shunga o‘xshash joylashtirish vositalarining rivojlanish holatini tahlil etgan .

Kalit so‘zlar: mehmonxona, motel, hostel, oilaviy mehmon uylari, dam olish maskanlari, turizm, turist, xizmat**,** mehmon, xo‘jalik, mehmondorchilik industriyasi, servis, joylashtirish, menejer, oshpaz, xizmat ko‘rsatuvchi xodimlar, gid, texnik mutaxasis.

Аннотация: Гостиницы и аналогичные средства размещения являются основными составляющими туристской инфраструктуры и представляют собой хозяйствующие субъекты, предоставляющие туристам и другим

посетителям услуги временного проживания, питания, отдыха, а также дополнительные услуги. С этой точки зрения автор анализирует современное состояние развития гостиниц и аналогичных средств размещения в Узбекистане.

Ключевые слова: гостиница, мотель, хостел, семейные гостевые дома, места отдыха, туризм, турист, услуга, гость, хозяйство, индустрия гостеприимства, сервис, размещение, менеджер, повар, обслуживающий персонал, гид, технический специалист.

Abstract: Hotels and similar accommodation facilities are key components of tourism infrastructure. They are business entities that provide tourists and other visitors with temporary accommodation, meals, recreational facilities, and additional services. From this perspective, the author analyzes the current state of development of hotels and similar accommodation facilities in Uzbekistan.

Key words: hotel, motel, hostel, family guesthouses, recreation facilities, tourism, tourist, service, guest, hotel management, hospitality industry, customer service, accommodation, manager, chef, service staff, tour guide, technical specialist.

Mehmonxona va shunga o‘xshash joylashtirish vositalari turizm infratuzilmasining asosiy tarkibiy qismi bo‘lib makroiqtisodiy nuqtai nazardan ushbu sector – xizmatlar sohasining muhim tarmog‘i, turizm qiymat zanjirining asosiy bo‘g‘ini, aholi bandligini ta'minlovchi manba, hududiy rivojlanishni rag‘batlantiruvchi omil valyuta tushumlarini shakllantiruvchi eksport xizmatlari segmenti hisoblanadi. Mehmonxona xo‘jaligi rivojlanmagan sharoitda turizmning boshqa tarmoqlari (transport, gastronomiya, ekskursiya xizmatlari, savdo va madaniy xizmatlar) ham to‘liq rivojlana olmaydi.

Mehmonxona xo‘jaligining makroiqtisodiy ahamiyati – Yalpi ichki mahsulot (YaIM)dagi o‘rni bilan belgilanadi, Mehmonxona va joylashtirish xizmatlari xizmatlar sektorining tarkibiy qismi sifatida mamlakat YaIMini shakllantirishda ishtirok etadi. Turizmga oid xarajatlarning katta qismi aynan joylashtirish xizmatlariga to‘g‘ri keladi. Natijada xizmatlar hajmi ortadi, qo‘shilgan qiymat yaratiladi, soliq tushumlari ko‘payadi, hududiy iqtisodiy faollik oshadi. Bandlikka ta'siri sifatida – mehmonxona biznesi mehnat talab qiluvchi tarmoq hisoblanadi.Sektor administratorlar, menejerlar, oshpazlar, xizmat ko‘rsatuvchi xodimlar, gidlar, texnik mutaxassislar uchun ish o‘rinlari yaratadi. Bir yangi mehmonxona o‘nlab bevosita va yuzlab bilvosita ish o‘rinlarini yuzaga keltirishi mumkin. Hududiy rivojlanishga ta'siri mehmonxona xo‘jaligi – tarixiy shaharlar, tog‘li hududlar, ekologik turizm zonalari, qishloq turizmi obyektlari, rivojlanishini jadallashtiradi. Ayniqsa, Samarqand, Buxoro, Xiva va Toshkent shaharlarida mehmonxona biznesining kengayishi hududiy iqtisodiy faollikni sezilarli darajada oshirdi. Valyuta tushumlariga ta'siri – xorijiy turistlar tomonidan to‘langan mehmonxona xizmatlari mamlakat uchun xizmatlar eksporti hisoblanadi. Bu – valyuta tushumlarini ko‘paytiradi, to‘lov balansini yaxshilaydi va turizm eksporti hajmini oshiradi. Tadqiqot natijasida olib borilgan kuzatishlar

va monitoringlar davomida O‘zbekistonda mehmonxona xo‘jaligi rivojlanishining asosiy tendensiyalari aniqladik. 2017-yildan boshlab turizmni sohasia ochiq iqtisodiy siyosat yuritish i natijasida – vizasiz davlatlar soni kengaydi, elektron viza tizimi joriy qilindi, xususiy investitsiyalar rag‘batlantirildi va oilaviy mehmon uylari faol rivojlana boshladi.

1- jadval

O‘zbekistonda 2011-2025-yillar davomida mehmonxona va shunga o‘xshash joylashtirish vositalari sonini o‘zgarish holati (birlikda)[2]

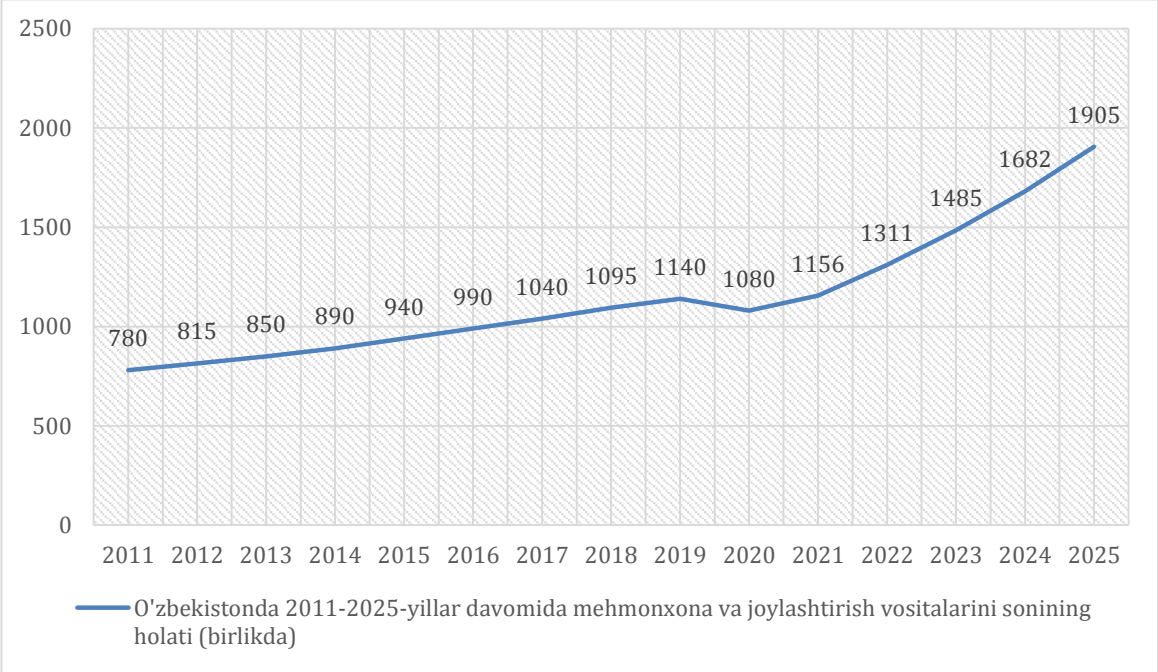
T/r	O‘zbekistonda 2011-2025-yillar davomida mehmonxona va shunga o‘xshash joylashtirish vositalari soni(birlikda)	O‘zgarish (%)
1	780	–
2	815	4.5
3	850	4.3
4	890	4.7
5	940	5.6
6	990	5.3
7	1 040	5.1
8	1 095	5.3
9	1 140	4.1
10	1 080	-5.3
11	1 156	7.0
12	1 311	13.4
13	1 485	13.3
14	1 682	13.3
15	1 905*	13.3

Natijada – mehmonxonalar soni keskin oshdi, joylashtirish sig‘imi kengaydi, turistlar oqimi ko‘paydi.2020-yilda pandemiya sababli vaqtinchalik pasayish kuzatilgan bo‘lsa-da, 2022-yildan boshlab sektor yana yuqori o‘sish bosqichiga qaytdi.

1-jadval ma’lumotlarini tahlili 2011–2019- yillarda mehmonxona obyektlari soni 780 tadan 1140 tagacha oshib, qariyb 46 foizga ko‘payganligini ko‘rsatdi. Keyingi besh yillik holati yillar kesimida tahlil etiladigan bo‘lsa 2020- yilda pandemiya ta'siri sabab ayrim joylashtirish vositalari faoliyati qisqargan va o‘sish sur'ati manfiy bo‘lgan. 2021 yilda mamlakatda 1 156 ta ehmonxona va shunga o‘xshash joylashtirish vositalari faoliyat yuritgan. Mehmonxonalarda joylashtirilgan shaxslar soni 2021 yildagi 1,217 mln kishidan 2024 yilda 2,864 mln kishiga yetgan, bu esa joylashtirish infratuzilmasiga talabning keskin

[2] O‘zbekiston Respublikasi Statistika agentligi ma'lumotlari asosida muallif hisob-kitoblari.

oshganini ko‘rsatadi. 2021–2025 yillarda obyektlar soni taxminan 1,6 baravarga oshib, turizm infratuzilmasining jadal rivojlanishini aks ettiradi.

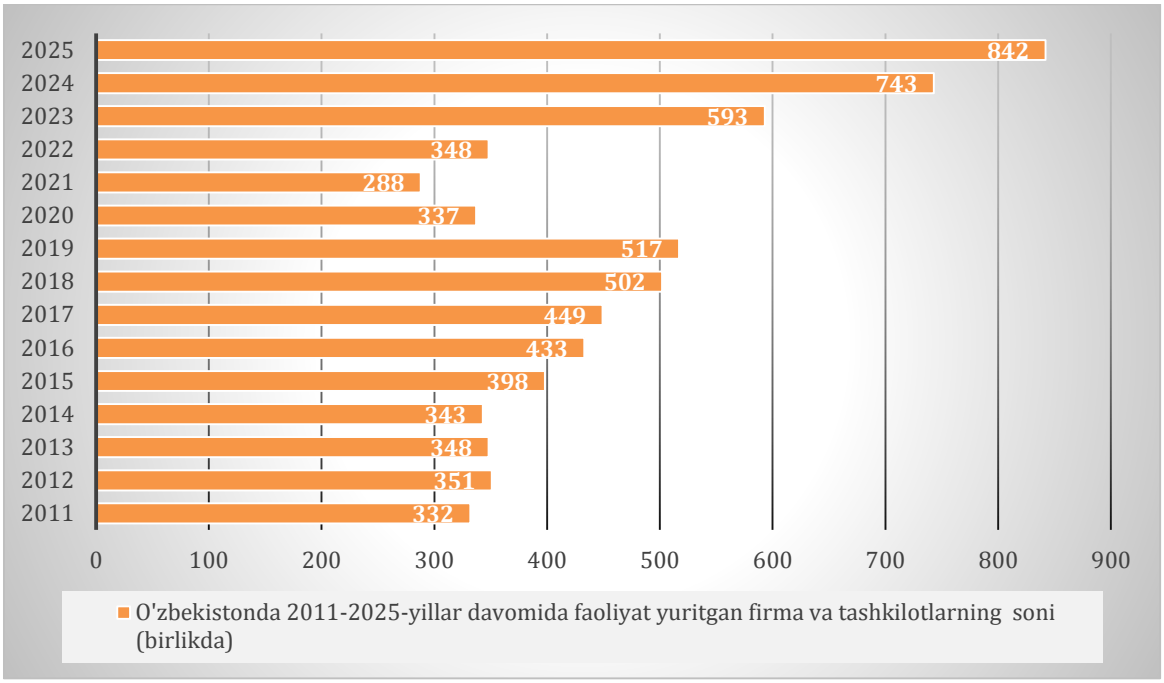


1-rasm. O‘zbekistonda 2011-2025-yillar davomida mehmonxona va shunga o‘xshash joylashtirish vositalari soni dinamikasi (birlikda)[3]

1-rasmda keltirilgan O‘zbekistonda 2011–2025 yillarda mehmonxona va shunga o‘xshash joylashtirish vositalari sonining dinamikasini tahlilini keyingi besh yillk rivojlanish holati 2021-yilda mamlakatda 1 156 ta joylashtirish vositasi mavjud bo‘lganligini ko‘rsatadi. Turizmni rivojlantirishga qaratilgan davlat dasturlari, xususiy investitsiyalar va ichki turizmning faollashuvi natijasida mehmonxona fondi yilma-yil kengayib bormoqda. 2021–2025 yillarda obyektlar soni taxminan 749 taga ko‘payib, o‘sish sur'ati 64,8 % ni tashkil etishi mumkin. Mehmonxonalar sonining o‘sishi bilan bir qatorda joylashtirilgan shaxslar soni ham 2021-yildagi 1,217 mln kishidan 2024-yilda 2,864 mln kishiga yetgan. Bu mehmonxona xizmatlariga talab sezilarli oshganidan dalolat beradi. O‘zbekistonda turizm infratuzilmasini kengaytirish, ichki va tashqi turistlar oqimini qabul qilish imkoniyatlarini oshirish hamda turizm xizmatlari bozorining raqobatbardoshligini kuchaytirishga xizmat qilganganligini ko‘rsatadi. Shu bilan birga, mehmonxona fondining kengayishi sport turizmi, ekologik turizm va oilaviy turizm kabi yo‘nalishlarning rivojlanishi uchun muhim institutsional asos yaratgan.

Tadqiqot avomida O‘zbekistonda turistik faoliyatni amalga oshirgan firma va tashkilotlar (turoperator va turagentlar) sonining 2011–2025-yillardagi holati o‘rganildi (2-rasm).

[3] O‘zbekiston Respublikasi Statistika agentligi ma'lumotlari asosida muallif hisob-kitoblari.



2-rasm. O‘zbekistonda 2011-2025-yillar davomida firma va tashkilotlarning (turoperator va turagentlar) soni (birlikda) [4]

2-rasm tahlillar shuni ko‘rsatadiki, 2011-yilda 332 ta firma faoliyat yuritgan bo‘lsa, 2014-yilda bu ko‘rsatkich 343 taga yetgan. O‘sish sur’ati nisbatan past bo‘lib, turizm sohasi hali davlat iqtisodiyotining ustuvor yo‘nalishlaridan biri darajasiga chiqmaganligi asosiy sabab hisoblanadi. 2014–2025-yillar davomida O‘zbekistonda turistik faoliyatni amalga oshiruvchi firma va tashkilotlar soni barqaror ravishda oshib borgan. Faqat pandemiya davrida vaqtinchalik pasayish kuzatilgan bo‘lsa-da, 2022-yildan boshlab soha tez sur’atlarda tiklandi va 2024-yilda rekord natijaga erishildi. Turistik korxonalar sonining 332-tadan 743-tagacha oshishi mamlakatda turizm bozorining jadal rivojlanayotganligini bildiradi. Kelgusida raqamli texnologiyalarni keng joriy etish, ekologik va ziyorat turizmini rivojlantirish hamda xalqaro marketingni kuchaytirish orqali turizmning milliy iqtisodiyotdagi ulushi yanada ortishi kutilmoqda.

Xulosa qilib aytganda bu turizm va mehmondo‘stlik sanoatining O‘zbekiston xizmatlar sektoridagi eng tez rivojlanayotgan yo‘nalishlardan biri ekanligini ko‘rsatadi. Mehmonxona va shunga o‘xshash joylashtirish vositalarida band bo‘lgan xodimlar sonining o‘sishi O‘zbekiston turizm sanoatining rivojlanishi va xizmatlar sektorining kengayishini aks ettiradi. Makroiqtisodiy nuqtai nazardan, mehmonxona xo‘jaligida bandlikning ortishi – xizmatlar sektorining iqtisodiyotdagi ulushini kengaytiradi, aholi daromadlari va iste’mol talabining o‘sishiga xizmat qiladi, turizm eksportidan tushadigan valyuta

[4] O‘zbekiston Respublikasi Statistika agentligi ma'lumotlari asosida muallif hisob-kitoblari.

tushumlarini ko‘paytiradi, hududlarda yangi ish o‘rinlari yaratilishiga yordam beradi, kichik biznes va xususiy tadbirkorlik faoliyatining rivojlanishini rag‘batlantiradi. Umuman olganda, 2022–2024 yillardagi yuqori o‘sish sur’atlari O‘zbekistonda turizm va mehmondo‘stlik sanoati iqtisodiy o‘sishning muhim drayverlaridan biriga aylanayotganini hamda ushbu tarmoqning bandlik va xizmatlar eksportini oshirishdagi rolini kuchaytirayotganini ko‘rsatadi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1.Маматкулов Х.М. Туризм ва сервисга оид изоҳли луғат. Самарқанд: СамИСИ, 2010. – 151 б.

2. Чудновский А.Д. “ Туризм и гостиничное хозяйство”. Учебник – М.: Ассоциация авторов и издателей «Тандем». Издательство ЭКМОС. 2001, – 400 с.

3.Tuxliyev I.S., Hayitboyev R., Ibodullayev N.E., Amriddinova R.S. Turizm asoslari: O‘quv qo‘llanma – S.: SamISI, 2017 - 247b.

4.Орипов А.А. Сфера услуг как экономическая категория и эффективный вид экономической деятельности / А. А. Орипов // Наука сегодня: опыт, традиции, инновации: Материалы международной научно-практической конференции, Вологда, 29 июля 2020 года. – Вологда: Общество с ограниченной ответственностью "Маркер", 2020. – С. 43-46.

O‘ZBEKISTONDA MEHMONXONA VA SHUNGA O‘XSHASH JOYLASHTIRISH VOSITALARINING TENDENTSIYALARI VA MUAMMOLARI

Mir-Jafarova Aziza Javoxirovna “Ipak yo‘li” turizm va madaniy meros xalqaro universitetining mustaqil tadqiqotchisi

Annotatsiya: Keyingi yillarda mehmonxona va shunga o‘xshash joylashtirish vositalari borasida olib borilgan tadqiqot ishlari O‘zbekistonda 2011-2025-yillar oralig‘ida mehmonxona va shunga o‘xshash joylashtirish vositalari sohasida bir qator muammolar mavjuligini ko‘rsatgan. Muallif maqolada O‘zbekistonda mehmonxona va shunga o‘xshash joylashtirish vositalarining tendentsiyalari va muammolarini bayon etgan .

Kalit so‘zlar: turizm, turist, xizmat**,** mehmon, mehmonxona, mehmonxona xo‘jaligi, mehmondorchilik industriyasi, servis, joylashtirish, xalqaro, festival, anjuman.

1-jadvalda keltirilgan **O‘zbekistonda 2011-2025-yillar davomida mehmonxona va shunga o‘xshash joylashtirish vositalari obyektlarida joylashtirilgan shaxslar** haqidagi ma’lumotlar 2011–2019 yillarda mehmonxona xizmatlariga talab barqaror oshganligini, 2020 yilda pandemiya tufayli ko‘rsatkich 68 % ga qisqarganligi, 2021–2025 yillarda turizm bozori tez tiklanib, 2025yilga kelib 2019 yil darajasidan ham yuqori natijaga erishganligini ko‘rsatadi.

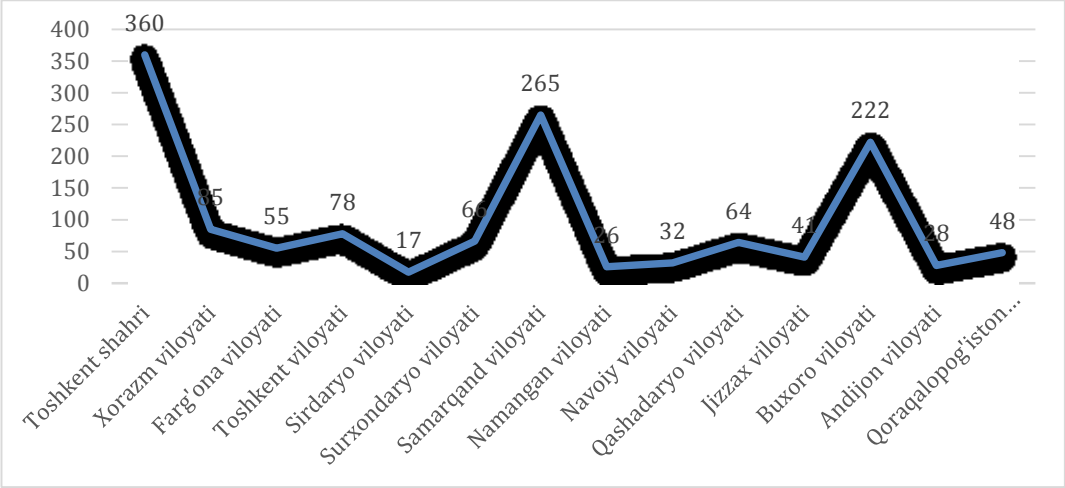
1-jadval: O‘zbekistonda 2011-2025-yillar davomida mehmonxona va shunga o‘xshash joylashtirish vositalari obyektlarida joylashtirilgan shaxslar (ming kishi)[5]

T/r	Yillar	Joylashtirilgan shaxslar (ming kishi (kishi)	O‘tgan yilga nisbatan o‘zgarish (%)
1	2011	1122.1	-
2	2012	1189.6	6.0
3	2013	1216.4	2.3
4	2014	1271.9	4.6
5	2015	1325.2	4.2
6	2016	1513.1	14.2
7	2017	1714.2	13.3
8	2018	2125.9	24.0
9	2019	2193.4	3.2
10	2020	702.8	-68.0
11	2021	1217.0	73.2
12	2022	2250.3	84.9
13	2023	2524.3	12.2
14	2024	2864.3	13.5
15	2025	3290.4	14.8

Quyidagi grafikda O‘zbekiston Respublikasining barcha hududlari bo‘yicha 2024-yil holatiga ko‘ra mehmonxona va shunga o‘xshash joylashtirish vositalarining soni keltirilgan. Tahlil natijalari hududlararo katta tafovutlar mavjudligini ko‘rsatmoqda. Jumladan, Toshkent shahri 360 ta joylashtirish vositasi bilan yetakchi o‘rinda turibdi. Bu holat, bir tomondan, poytaxt sifatida respublika iqtisodiy, siyosiy va madaniy markazi bo‘lgan Toshkentga mehmonlar oqimining yuqoriligi, ikkinchi tomondan esa, biznes-turizm va mehmonxona xizmatlari sohasining rivojlanganligi bilan izohlanadi (1-rasm).

Samarqand viloyati 265 ta mehmonxona bilan ikkinchi o‘rinda turadi. Bu hududning tarixiy-madaniy obidalarga boyligi, YUNESKO merosiga kirgan obyektlarning mavjudligi, xalqaro festivallar va anjumanlarning muntazam o‘tkazilishi ushbu o‘rinni mustahkamlab turibdi. Buxoro viloyati ham 222 ta mehmonxona bilan yuqori natijalarga erishgan bo‘lib, bu hududda ham tarixiy shaharsozlik obidalari, ziyorat turizmi va eko-turizm yo‘nalishlari rivojlangan.

[5] Manba: O‘zbekiston Respublikasi Statistika agentligi.



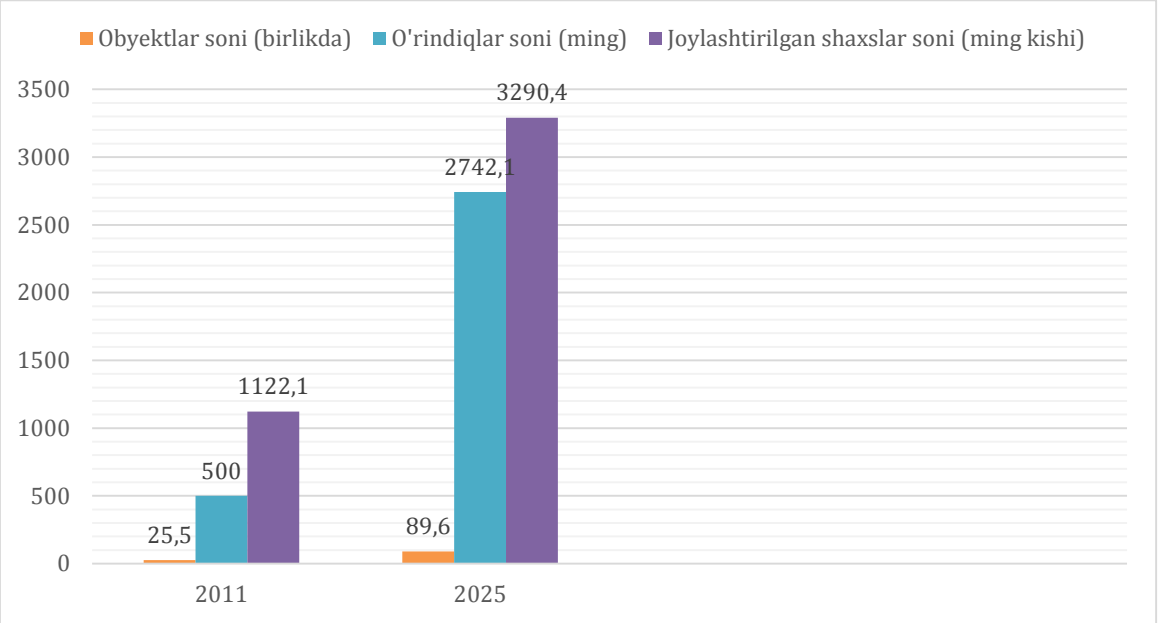
1-rasm. O‘zbekiston Respublikasidagi mehmonxona va shunga o‘xshash joylashtirish vositalari (obyektlari) sonining hududlar bo‘yicha taqsimlanishi[6]

Xorazm (85 ta), Toshkent viloyati (78 ta), Jizzax (64 ta), Samarqand (66 ta), Farg‘ona (55 ta) viloyatlarida ham joylashtirish infratuzilmasining nisbatan faol rivojlanayotganini ko‘rish mumkin. Bu hududlarda turistik obyektlar mavjud bo‘lishi bilan birga, yo‘l-transport infratuzilmasi, ichki turizm oqimining kuchayishi va mahalliy tadbirkorlarning faolligi ta’sir ko‘rsatmoqda.

Boshqa viloyatlarda – Sirdaryo (17 ta), Navoiy (26 ta), Andijon (28 ta), Qoraqalpog‘iston Respublikasi (48 ta), Surxondaryo (66 ta) kabi hududlarda mehmonxonalar soni ancha past bo‘lib, bu hududlarning turizm salohiyati to‘liq ishga solinmaganini anglatadi. Ayniqsa, Sirdaryo viloyati 17 ta joylashtirish vositasi bilan eng past ko‘rsatkichga ega bo‘lib, bu yerda turizm infratuzilmasini rivojlantirishga zarurat yuqori ekanligini ko‘rsatadi.

Bundan tashqari, Namangan viloyatining nisbatan yuqori ko‘rsatkichi (66 ta) hududda so‘nggi yillarda amalga oshirilgan islohotlar va tadbirkorlik tashabbuslari, yangi mehmonxonalar qurilishi, xususan, xususiy sektor ishtirokining ortib borayotganini ko‘rsatadi.

[6] O‘zbekiston Respublikasi Milliy statistika qo‘mitasi ma’lumotlari asosida muallif tomonidan ishlab chiqilgan.



2-rasm. O‘zbekistonda 2011-2025-yillar oralig‘ida mehmonxona va shunga o‘xshash joylashtirish vositalaridagi davriy o‘zgarish

2-rasm ma'lumotlari tahlili 2011–2024 yillarda O‘zbekiston turizm infratuzilmasida barqaror va yuqori sur'atli o‘sish kuzatildi. Bu davrda mehmonxona va shunga o‘xshash joylashtirish vositalari soni 25,5 mingdan 89,6 mingga yetib, 351,3 foizga oshganligidan dalolat beradi. O‘rinlar soni esa 500 mingdan 2742,1 minggacha ko‘payib, 549,1 foizlik o‘sishni ta‘minlagan. Bu ko‘rsatkichlar turizm sohasida investitsion faollikning ortgani va xizmatlar bozorining kengayganligini ifodalaydi.

Yuqorida keltirlgan statisk ma’lumotlarning tahlili O‘zbekistonda 2011-2025-yillar oralig‘ida mehmonxona va shunga o‘xshash joylashtirish vositalari sohasida bir qator muammolar mavjud degan xulosani beradi. Bular quyidagilar :

Birinchi muammo – O‘zbekistonda mehmonxona va shunga o‘xshash joylashtirish vositalari sohasida hududlar kesimida nomutanosib rivojlanish mavjud. Mehmonxonalarning katta qismi Toshkent, Samarqand, Buxoro va Xiva kabi markaziy turistik hududlarda joylashgan. Buning teskarisi qolgan viloyatlarda esa mehmonxonalar soni kam, xizmat sifati past hamda investitsiya faolligi sust. Natijada turizm oqimlari ayrim hududlarda haddan tashqari jamlanib qolmoqda.

Ikkinchi muammo – turizm talabining mavsumiyligi mehmonxonalarning yil davomida bir xil yuklanish bilan ishlashiga to‘sqinlik qiladi. Kuzatishlarimiz odatda yilning bahor va kuz oylarida bandlik yuqori va qish va yozning ayrim davrlarida bandlik pasayashini ko‘rsatdi. Ushbu holat mehmonxonalarning daromadlarning notekis shakllanishiga; xarajatlarning oshishiga rentabellikning pasayishiga olib keladi.

Uchinchi muammo – malakali kadrlar yetishmasligi, sektor rivojlanayotgan bo‘lishiga qaramay mehmonxona menejmenti, marketing, servis, xorijiy tillar

bo‘yicha malakali mutaxassislar yetarli emas. Bu xizmat sifati va xalqaro raqobatbardoshlikka salbiy ta'sir ko‘rsatadi.

To‘rtinchi muammo – mehmonxonalarda turxizmat sifati standartlarining bir xil emasligi. Ko‘plab joylashtirish vositalarida- xizmat ko‘rsatish sifati, raqamlashtirish darajasi va xalqaro standartlarga moslik o‘rtasida sezilarli farqlar mavjud. Bu esa turistlarning qoniqish darajasiga ta'sir qiladi.

Beshinchi muammo – investitsiya va moliyalashtirish cheklovlari. Kichik mehmonxonalar va oilaviy mehmon uylari uchun – uzoq muddatli kreditlar, arzon moliyaviy resurslar, zamonaviy texnologiyalar hamon yetarli darajada mavjud emas. Natijada ayrim loyihalarning investitsion jozibadorligi pasayadi.

Oltinchi muammo – Raqamlashtirish darajasining yetarli emasligi – Ko‘plab kichik joylashtirish vositalarida- onlayn bronlash tizimlari, CRM platformalari, revenue management tizimlari va raqamli marketing vositalari to‘liq joriy etilmagan. Bu xalqaro bozorlarga chiqish imkoniyatlarini cheklaydi.

Xulosa: Mehmonxona va shunga o‘xshash joylashtirish vositalari O‘zbekiston iqtisodiyotining xizmatlar sektorida yuqori multiplikativ ta'sirga ega bo‘lgan strategik tarmoq hisoblanadi. Ushbu sektor transport, savdo, umumiy ovqatlanish, madaniyat, qurilish va boshqa ko‘plab tarmoqlar rivojlanishini rag‘batlantiradi. So‘nggi yillarda mehmonxona infratuzilmasining jadal kengayishi turizm salohiyatini oshirdi, biroq hududlararo nomutanosiblik, mavsumiylik, malakali kadrlar yetishmasligi, xizmatlar sifati va raqamlashtirish bilan bog‘liq muammolar saqlanib qolmoqda. Ushbu muammolarni bartaraf etish mehmonxona xo‘jaligining raqobatbardoshligini oshirish, turizm eksportini kengaytirish va mamlakat iqtisodiy o‘sishiga qo‘shadigan hissasini kuchaytirish imkonini beradi. Mehmonxona va shunga o‘xshash joylashtirish vositalari turizm infratuzilmasining tayanch elementi sifatida mamlakatning xizmatlar bozori rivojlanishi, aholi bandligi, hududiy iqtisodiy faollik va eksport salohiyatining oshishida muhim rol o‘ynaydi. O‘zbekistonda ushbu sektorning jadal rivojlanishi kuzatilayotgan bo‘lsa-da, uning barqaror va raqobatbardosh rivojlanishini ta'minlash uchun hududiy diversifikatsiya, servis sifatini oshirish, kadrlar tayyorlash va raqamli transformatsiyani jadallashtirish zarur.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1.Савин Д.А., Т.Озал и становление индустрии туризма в Турции // Вестник ЯрГУ. Серия Гуманитарные науки. 2010. №3. С.16-20. 28.06.2024 y.

2.Сайт Национального комитета Германии по туризму. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.germany.travel/ru/germany/about-us/ 28.06.2024 y.

3.Сайт Ассоциации Туроператоров России. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.atorus.ru/tourofice 28.06.2024 y.

4.https://apcz.umk.pl/JEHS/article/download/JEHS.2021.11.05.029/29569

5.*Бессонова Г.Б.* Организационные модели государственного

регулирования туризма за рубежом // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. 2016. № 1. С. 21-24.

O‘ZBEKISTONDA SPORT FEDERATSIYALARI FAOLIYATI VA SPORT TURIZMI O‘RTASIDA IQTISODIY BOG‘LIQLIKNING TAHLILI

Kalandarov Jalol Abdujalilovich
“Ipak yo‘li” turizm va madaniy meros xalqaro universitetining tayanch doktoranti

Annotatsiya: 2021–2025 yillarda sport federatsiyalari va assotsiatsiyalari faoliyatini takomillashtirish, xalqaro sport tashkilotlari bilan hamkorlikni kengaytirish hamda yangi sport turlarini rivojlantirish bo‘yicha keng ko‘lamli islohotlar amalga oshirildi. Shu davrda sport federatsiyalarining institutsional salohiyati mustahkamlandi, hududiy bo‘linmalar faoliyati kengaydi va xalqaro musobaqalarda ishtirok etuvchi sportchilar soni ortdi. Maqolada O‘zbekistonda sport federatsiyalari faoliyati va sport turizmi o‘rtasida iqtisodiy bog‘liqlik tahlil etilgan .

Kalit so‘zlar: turizm, sport, resurs, obyekt, marshrut, aholi, bandlik, multiplikativ, iqtisodiyot, sport federatsiyasi, assotsiatsiya, institutsional, raqamli iqtisodiyot, milliy federatsiya, olimpiya sport federatsiyasi.

Yangi O‘zbekiston davrida jismoniy tarbiya va sportni rivojlantirish davlat siyosatining ustuvor yo‘nalishlaridan biri sifatida belgilandi. 2021–2025 yillarda sport federatsiyalari va assotsiatsiyalari faoliyatini takomillashtirish, xalqaro sport tashkilotlari bilan hamkorlikni kengaytirish hamda yangi sport turlarini rivojlantirish bo‘yicha keng ko‘lamli islohotlar amalga oshirildi. Shu davrda sport federatsiyalarining institutsional salohiyati mustahkamlandi, hududiy bo‘linmalar faoliyati kengaydi va xalqaro musobaqalarda ishtirok etuvchi sportchilar soni ortdi (“1-jadvalga qarang ”).

1-jadval

O‘zbekistonda sport federatsiyalari faoliyatining rivojlanish ko‘rsatkichlari (2021–2025 yy.)[7]

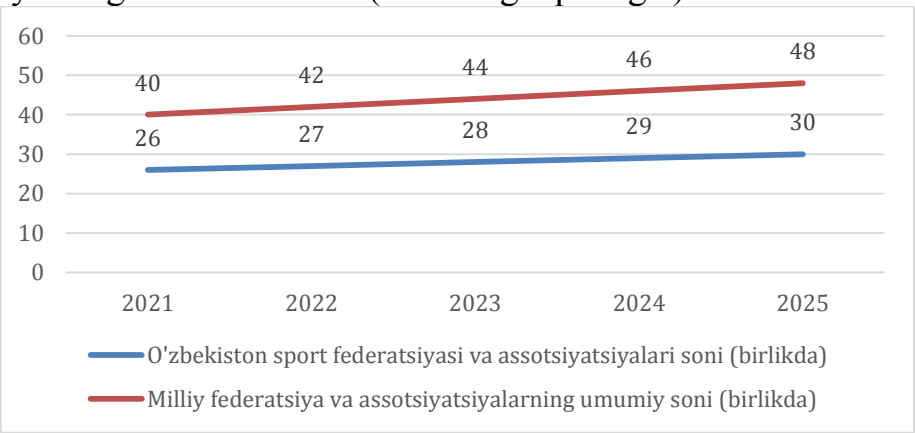
T/r	Ko‘rsatkichlar	2021	2022	2023	2024	2025	2025-yilda, 2021-yilga nisbatan o‘sish (% foizda)

[7] https://olympic.uz/en/sports-federations Jadvaldagi umumiy federatsiyalar soni Milliy Olimpiya qo‘mitasi va Sport vazirligi ma’lumotlari asosida hisoblangan .

1	Olimpiya sport federatsiyalari va assotsiatsiyalari soni	26	27	28	29	30	115
2	Milliy federatsiya va assotsiatsiyalarning umumiy soni*	40	42	44	46	48	120
3	Xalqaro federatsiyalar bilan hamkorlik loyihalari	25	28	31	35	38	152
4	Respublika miqyosidagi musobaqalar soni	520	560	610	670	730	140
5	Xalqaro musobaqalarda ishtirok etgan sportchilar soni	2 800	3 100	3 500	3 900	4 300	153

1-jadval ma’lumotlari tahlili 2021–2025-yillarda sport federatsiyalari faoliyatida ijobiy o‘sish tendensiyasi kuzatilgan. Olimpiya sport turlari bo‘yicha federatsiyalar soni 26 tadan 30 taga yetgan yani besh yil ichida 15 foizga o‘sgan. Bu esa mamlakatda yangi sport yo‘nalishlarini rivojlantirish va xalqaro sport tizimiga integratsiyalashuv jarayonlarining rivojlanayotganligini ko‘rsatadi. Tadqiqotdagi tahlil qilinayotgan 201-2025-yillar davrida federatsiyalar tomonidan tashkil etilgan respublika musobaqalari soni qariyb 40 foizga oshgan. Bunga sport infratuzilmasining kengayishi, hududlarda sport maktablari faoliyatining yaxshilanishi va ommaviy sport tadbirlariga O‘zbekiston hukumati tomonidan berilayotgan e’tibor va islohotlarning natijasi degan xulosani beradi.

Shuningdek, xalqaro sport tashkilotlari bilan hamkorlik loyihalari sonining o‘sishi federatsiyalarning xalqaro maydondagi faolligi ortganligini ko‘rsatadi. Xususan, triatlon, kriket, qishki sport turlari, zamonaviy beshkurash kabi yo‘nalishlarda yangi rivojlanish dasturlari amalga oshirildi[8]. 2025 yilga kelib Milliy Olimpiya qo‘mitasi tizimida faoliyat yuritayotgan federatsiyalar va assotsiatsiyalar soni 40 tadan ortgan bo‘lib, bu sport boshqaruvi tizimining yanada diversifikatsiyalashganini ko‘rsatadi (“1-rasmga qarang ”) [9].



[8] https://triathlon.uz/en/about/about-federation
[9] https://triathlon.uz/en/about/about-federation

1-rasm. O‘zbekistonda sport federatsiyalari faoliyatining dinamikasi (2021–2025 yy.)[10]

1-rasm diagrammasining tahlili O‘zbekistonda sport federatsiyalar sonining yil sayin barqaror o‘sib borganligini yaqqol ko‘rsatadi. 2021–2025 yillarda O‘zbekistonda sport federatsiyalari faoliyati sezilarli darajada rivojlandi. Sport boshqaruvi tizimining takomillashuvi, yangi federatsiyalar va assotsiatsiyalarning tashkil etilishi, xalqaro sport tashkilotlari bilan hamkorlikning kengayishi hamda sport infratuzilmasining rivojlanishi ushbu jarayonning asosiy omillari bo‘ldi. Natijada federatsiyalarning tashkiliy salohiyati mustahkamlandi, sportchilarning xalqaro maydondagi natijalari yaxshilandi va ommaviy sportning qamrovi kengaydi. Kelgusida federatsiyalar faoliyatini raqamlashtirish, hududiy bo‘linmalar samaradorligini oshirish va xalqaro standartlarni joriy etish sport sohasining yanada barqaror rivojlanishiga xizmat qiladi.

O‘zbekistonda sport federatsiyalari sportchilarni tayyorlash bilan bir qatorda mamlakatning turistik jozibadorligini oshirishda ham muhim institutsional subyekt sifatida namoyon bo‘lmoqda. Davlat tomonidan sport va turizm sohalarining o‘zaro integratsiyasiga katta e'tibor qaratilmoqda. Sport turizmi – bu sport musobaqalari, sport tadbirlari, ekstremal va faol dam olish turlari bilan bog‘liq sayohatlar majmui bo‘lib, u zamonaviy iqtisodiyotning tez rivojlanayotgan segmentlaridan biri hisoblanadi. Shu sababli tadqiqot davomida O‘zbekiston sport federatsiyalarining sport turizmini rivojlantirishdagi roli va ahamiyatini makroiqtisodiy tahlil etdik va ilmiy-amaliy xarakterga ega tavsiyalar ishlab chiqdik. Bunday holatni amaliy isbotini quyidagicha ifoda etdik. Makroiqtisodiy nuqtai nazardan sport federatsiyalari quyidagi funksiyalar orqali sport turizmini rivojlantirishi mumkin degan xulosaga keldik. Birinchidan xalqaro sport musobaqalarini jalb qilish tashkillashtiradi. Federatsiyalar xalqaro chempionatlar, kuboklar va turnirlarni O‘zbekistonda tashkil etish tashabbuskori hisoblanadi. Buning oqibatida xorijiy sportchilar va muxlislar oqimi oshadi, mehmonxona xizmatlariga talab ko‘payadi, transport va logistika xizmatlari rivojlanadi, mahalliy tadbirkorlik daromadlari ortadi. Masalan, xalqaro triatlon musobaqalarini O‘zbekistonda o‘tkazish mamlakatning sport turizmi salohiyatini oshirishga xizmat qilmoqda. 2026-yilda Samarqandda Jahon Triatlon Seriyasi bosqichi o‘tkazilishi rejalashtirilgan bo‘lib, bu xalqaro turistlar oqimini jalb etuvchi muhim omil hisoblanadi.

Ikkinchidan hududiy iqtisodiy rivojlanishga samarali ta’sir etadi. Sport federatsiyalari tomonidan tashkil etiladigan marafonlar, veloyurishlar, tog‘ sporti va suv sporti tadbirlari o‘z navbatida – hududiy infratuzilma rivojlanishini rag‘batlantiradi, yangi ish o‘rinlarini yaratadi, ichki turizm talabi hajmini oshiradi.

Bu esa yalpi hududiy mahsulot (YHM) o‘sishiga ijobiy ta’sir ko‘rsatadi.

Uchinchidan investitsiyalarni jalb qilish maqsadida Sport federatsiyalari xalqaro federatsiyalar va homiylar bilan hamkorlik qiladi. Biznes faoliyatini

[10] Manba: Muallif tomonidan Milliy Olimpiya qo‘mitasi va Sport vazirligi ma’lumotlari asosida tuzildi https://olympic.uz/en/sports-federations .

yo‘lga qo‘yish rejasida – sport inshootlari quriladi, xususiy sektor investitsiyalari jalb qilinadi hamda davlat-xususiy sheriklik loyihalarini taklifi ko‘payadi.

Sport infratuzilmasini rivojlantirish davlat siyosatining ustuvor yo‘nalishlaridan biri sifatida belgilangan. Tahlillar natijasida O‘zbekistonda sport federatsiyalari faoliyati va sport turizmi o‘rtasida mavjud iqtisodiy bog‘liqlik mavjud degan xulosaga keldik, hamda aniqladik (“2-jadvalga qarang ”) :

2-jadval **O‘zbekistonda sport federatsiyalari faoliyati va sport turizmi o‘rtasida mavjud iqtisodiy bog‘liqlik**

T/r	O‘zbekistonda sport federatsiyalari faoliyati	O‘zbekistonda Sport turizmiga iqtisodiy ta’siri
1	Xalqaro musobaqalar tashkil etish	Xorijiy turistlar oqimi oshadi
2	Sport tadbirlarini marketing qilish	Mamlakat brendi kuchayadi
3	Sport infratuzilmasini rivojlantirish	Turistik obyektlar soni ortadi
4	Sportchilarni tayyorlash	Xalqaro e’tibor kuchayadi
5	Ommaviy sport tadbirlarini o‘tkazish	Ichki turizm rivojlanadi

Makroiqtisodiy nuqtai-nazardan esa O‘zbekistonda sport federatsiyalari faoliyati va sport turizmi o‘rtasida iqtisodiy bilvosita bog‘liqlik ham mavjud. Bunday holat O‘zbekistonda sport federatsiyalarining muvaffaqiyatli faoliyati natijasida hosil bo‘ladi ya’ni mamlakatning xalqaro imijini yaxshilanishiga olib keladi, investitsion jozibadorlikni oshiradi va turxizmatlar eksportini ko‘paytiradi. Masalan, 2025-yilga qadar O‘zbekistonda futbol infratuzilmasiga uzoq muddatli investitsiyalar natijasida O‘zbekistonning xalqaro sport maydonidagi nufuzi sezilarli darajada oshdi. Natijada O‘zbekiston terma jamoasi Amerika qita’sida 2026- yilning iyun-iyul oylarida bo‘lib o‘tadigan Jahon Futbol Chempionatiga yo‘llannmani qo‘lga kiritdi**.**

Makroiqtisodiy tahlillarimiz O‘zbekistonda sport turizmini rivojlanganda iqtisodiy va ijtimoiy samaradorlik natijalarini keltirib chiqaradi..Bular turistik xizmatlar eksporti oshishida, mehmonxona va restoranlar daromadi ko‘payishida, transport xizmatlari hajmi kengayishida, yangi ish o‘rinlari yaratilishida, soliq tushumlarini ortishida, hududlarning investitsion jozibadorligi oshishishida kuzatiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1.Simon Hudson *“Sport and Adventure Tourism”* p. cm. Includes bibliographical references and index (p.). ISBN 0-7890-1275-8. 2003. 324 p.

2.Heather J. Gibson, Heather J. Active Sport Tourism: Who Participates? Leisure Studies. №17(2), 1998. – P. 156.

3.Mark Weed and Chris Bull – **“Sports Tourism: Participants, Policy and Providers”** Publisher, Routledge, 2009 ; ISBN, 0750683759, 9780750683753 ; Length, 351 pages.

4.O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti huzuridagi Statistika agentligi va www.knoema.ru xalqaro statistik rasmiy veb sayti ma’lumotlari
5. Milliy Olimpiya qo‘mitasi va Sport vazirligi ma’lumotlari asosida tuzildi https://olympic.uz/en/sports-federations

HUDUDLARDA “DIGITAL-SPORT TOURIST” RAQAMLI PLATFORMASI MODELINI TASHKIL ETISH ZARURIYATI, TUZILISHI VA TEXNIK ASOSLANMASI

Kalandarov Jalol Abdujalilovich
“Ipak yo‘li” turizm va madaniy meros
xalqaro universitetining tayanch doktoranti

Annotatsiya: Tadqiqotlar natijalari O‘zbekistonda turizm xizmatlarini jadal rivojlantirish borasidagi izchil siyosatning samaradorligi past darajada ekanligidan dalolat bersa, ikkinchi tomondan ularni iqtisodiy jahatdan mexanizmlar faoliyatini salbiy natijasi deb baholash mumkin. Ushbu salbiy natijalarni bartaraf etish bugungi kunning dolzarb masalalaridan hisoblanadi. Shu nuqtai-nazardan muallif maqolada hududlarda “Digital-Sport tourist” raqamli platformasi modelini tashkil etish zaruriyati , tuzilishi va texnik asoslanmasini yoritib bergan.

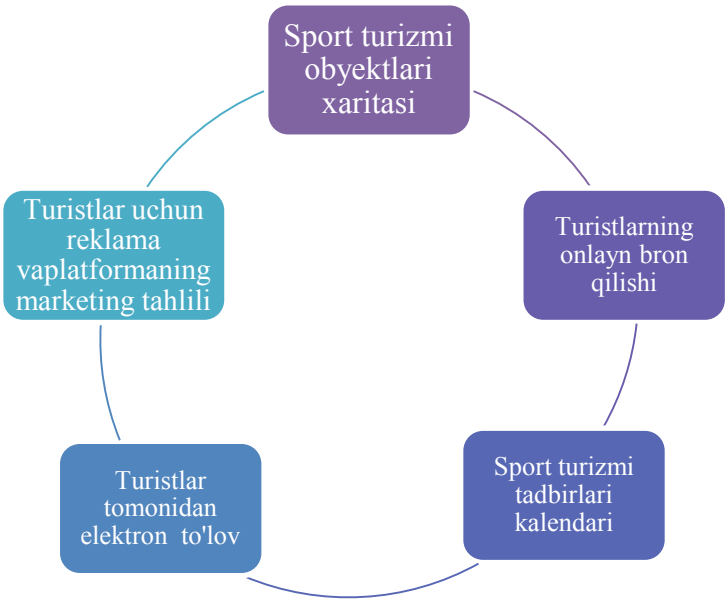
Kalit so‘zlar: platforma, dastur, raqamli iqtisodiyot, turizm, sport, resurs, obyekt, marshrut, aholi, bandlik, raqamli platforma, model, imidj,reklama, elektron to‘lov, onlayn bron.

O‘zbekistonda turizmni rivojlantirish Konsepsiyasida yuqorida qayd etilgan va o‘z yechimini kutayotgan muammo va kamchiliklarni bartaraf etish bo‘yicha aniq vazifalar va chora tadbirlar Dasturi belgilangan. Lekin shunga qaramasdan, ularning amaliyotda hali ham mavjudligi bir tarafdan O‘zbekistonda turizm xizmatlarini jadal rivojlantirish borasidagi izchil siyosatning samaradorligi past darajada ekanligidan dalolat bersa, ikkinchi tomondan ularni iqtisodiy jahatdan mexanizmlar faoliyatini salbiy natijasi deb baholash mumkin. Shuningdek, bu holatlar hududlarda turistik jozibadorligining pasayishiga hamda turistik mahsulotlarga bo‘lgan talabning kamayishiga olib kelishi mumkin.

Yuqorida aytilganlarning barchasi eng istiqbolli yo‘nalishlardan biri sifatida barqaror rivojlanish konsepsiyasi asosida mavjud vaziyatni kompleks hal etish zarurligini ko‘rsatadi. Ta’kidlash zarirki, so‘nggi besh yillik davrda sport turizmi sohasida barqaror o‘sish sur’atlari kuzatildi. Bu, o‘z navbatida, sohaning ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishi va bugungi kunda jiddiy muammolardan biriga aylangan bandlikning ijobiy dinamikasini ta’minladi. Shu bilan birga, ushbu o‘sish tendensiyasi turizmning ekologik barqarorligi, tabiiy resurslarni iste’moli va iqlim o‘zgarishiga ta’siri nuqtai nazaridan jiddiy muammolarni ham keltirib chiqardi. Pirovardda ushbu muammolar turistik xizmatlarni ko‘rsatuvchi sub’ektlarning faoliyat samaradorligiga, ularning ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanish

ko‘rsatkichlariga o‘zining salbiy ta’sirini o‘tkazmay qolmadi. Fikrimizcha, mazkur muammolarning barchasini hal qilish sport turizm sohasini mas’uliyatli qayta tiklash uchun asos bo‘lishi kerak. Chunki sport turizmi sohasining barqaror rivojlanishi har bir shaxs va butun jamiyat farovonligi yo‘lidagi ehtiyojlarni muvozanatlash qobiliyatiga ko‘p jihatdan bog‘liq bo‘ladi Yuqoridagi fikrlardan Samarqand viloyatida sport turizmi istiqbolli yo‘lanishlaridan biri ekanligi to‘g‘risida xulosaga kelish mumkin. Bunda mamlakatda sport turizmi muhitini yangi bosqichga olib chiqish, tashqi bozorda milliy sport turizmining ijobiy imidjini shakllantirish, hududlarda sport turizm infratuzilma obyektlariga faol investitsiyalarni jalb qilish sohaga mas’ul vakolatli davlat organlari, mahalliy hokimliklar va nodavlat tashkilotlarining zimmasiga qo‘shimcha ma’uliyat yuklaydi. Shu boisdan, biz “Digital-Sport Tourist” raqamli platformasi ishlab chiqdik (“1-rasmga qarang”). “Digital-Sport Tourist” raqamli platformasining maqsadi – **s**port turizmi obyektlari, sport tadbirlari, mehmonxonalar, transport xizmatlari, gidlik xizmatlari va mahalliy turistik marshrutlarni yagona raqamli platformada integratsiya qilish orqali hududlarda sport turizmini rivojlantirish. Platforma subyektlari sport va turizm sohasidagi davlat organlari, hududiy hokimliklar yoki xususiy IT kompaniyalari.Platformaning hududi O‘zbekistonning barcha viloyatlari va turistik zonalari. Platformaning zarurriyati hozirgi kunda yuqoridagi tadqiqot mavzusida aniqlangan muammolarga raqamli texnologiyalar asosida yechim topish hisoblanadi. Mazkur muammolar sport turizmining iqtisodiy samaradorligini oshirishda asosiy to‘siqlardan biri hisoblanadi. Bular quyidagilar bilan belgilanadi:

- sport turizmi obyektlari haqida ma'lumotlar tarqoq holda mavjud;
- turistlar uchun yagona bron qilish tizimi yetarli emas;
- xalqaro sport tadbirlarini raqamli targ‘ib qilish darajasi past;
- hududiy sport infratuzilmasi imkoniyatlari to‘liq foydalanilmayapti;
- sport tadbirlariga tashrif buyuruvchilar statistikasi va analitikasi yetarli shakllanmagan.



1-rasm. Hududlarda “Digital-Sport tourist” raqamli platformasi modelini tuzilishi[11]

1-rasmda keltirlgan hududlarda “Digital-Sport tourist” raqamli platformasi modelini tuzilishiga quyidagicha tavsif berish mumkin. “Digital-Sport Tourist” platformasi quyidagi tarkibiy qismlardan iborat bo‘ladi.

Birinchi tarkibiy qismga sport turizmi obyektlari xaritasidan tashkil topgan bo‘ladi. Bunga stadionlar, sport majmualari, tog‘ va ekoturizm o‘nalishlari, velomarshrutlar, trekking va alpinizm maskanlari.ta’luqli hisoblanadi.

Ikkinchi tarkibiy qism turistlarning onlayn bron qilishdan tashkil topgan bolib bunga mehmonxonalar, sport inshootlari, transport xizmatlari, sport inventarlari ijarasi tegishli hisoblanadi.

Uchinchisi sport turizmi tadbirlari kalendaridan tashkil topgan. Bunga marafonlar, velopoygalar, xalqaro turnirlar, ekstremal sport festivallari tadbirlari kiradi.

To‘rtinchisi turistlarning elektron to‘lovi tarkibiy qismidan iborat bo‘lib – UzCard, Humo, Visa, Master Card, xalqaro elektron to‘lov tizimlaridan tashkil topadi.

Beshinchisi reklama va platformaning tahlili tarkibiy qismidan iborat bo‘lib – turist qiziqishlariga mos marshrutlar;, ob-havo va mavsumiy tavsiyalar, individual sport sayohati paketlari, turistlar oqimi, xarajatlar hajmi, eng mashhur obyektlar, investitsion jozibadorlik reytingi. **Hududlarda “Digital-Sport tourist” raqamli platformasi** monitoringi – 1 mln foydalanuvchi, bir vaqtning o‘zida 20 ming faol foydalanuvchi; kuniga 100 ming tranzaksiyani amalga oshirish mumkinligini ko‘rsatadi (“1-jadvalga qarang”).

1-jadval

[11] Muallif ishlanmasi

Hududlarda “Digital-Sport tourist” raqamli platformasi modelini texnik asoslanmasi[12]

T/r	Texnik ko‘rsatkich	Tavsifi
1	Platforma turi	Web + Android + iOS
2	Ma'lumotlar bazasi	PostgreSQL
3	Server	Cloud texnologiyalari
4	Xarita tizimi	GIS va GPS integratsiyasi
5	API integratsiyasi	Turizm, transport va mehmonxona tizimlari
6	Axborot xavfsizligi	SSL, biometrik autentifikatsiya, zaxira serverlar

2-jadval

Hududlarda “Digital-Sport tourist” raqamli platformasi modelini texnik asoslanmasi[13]

T/r	Xarajat turi	Miqdori (mlrd so‘m)	Xarajat turi	Miqdori (mlrd so‘m)	Daromad manbalari	Miqdori (mlrd so‘m)
1	Dasturiy ta'minot ishlab chiqish	4,5	Texnik xizmat	1,0	Komissiyalar	3,5
2	Server va cloud xizmatlari	1,2	Server xarajatlari	0,6	Reklama	1,8
3	Mobil ilovalar yaratish	1,0	Marketing	0,8	Premium xizmatlar	1,2
4	GIS va xarita integratsiyasi	0,8	Ish haqi	1,4	Tadbir chiptalari	2,0
5	Marketing va reklama	1,5	-	-	-	-
6	Xodimlar tayyorlash	0,5	-	-	-	-
7	Jami	9,5		3,8		8,5

2-jadval ma’lumotlarining moliyaviy tahlil natijalari – Payback Period (qoplanish muddati) 2–3 yil, ROI (rentabellik): 25–35%, “Digital-Sport Tourist” platformasidan keladigan kelajakdagi daromadlarning bugungi kundagi qiymati dastlabki investitsiya xarajatlaridan yuqori. Natijada loyiha investor va davlat uchun qo‘shimcha iqtisodiy qiymat yaratadi hamda moliyaviy jihatdan samarali hisoblanadi*.(NPV: musbat.)* “Digital-Sport Tourist” loyihasi investitsiyadan yiliga taxminan 18–22% daromad keltirish salohiyatiga ega**.** *(IRR: 18–22%.)*

[12] Mullif ishlanmasi
[13] Muallif ishlanmasi

Xulosa qilib aytgandaIqtisodiyotda turizm multiplikatori odatda 1,5–2,5 oralig‘ida baholanadi. Bu sport turizmi orqali yaratilgan har 1 so‘mlik daromad iqtisodiyotda 1,5–2,5 so‘mlik umumiy iqtisodiy faollikni yuzaga keltirishi mumkinligini anglatadi. “Digital-Sport Tourist” platformasi sport turizmi infratuzilmasini raqamlashtirish, hududlarning investitsion jozibadorligini oshirish, turistlar oqimini ko‘paytirish va sport tadbirlarini samarali boshqarish imkonini beradi. Loyiha qisqa muddatda o‘zini oqlashi bilan birga, uzoq muddatda YaIM o‘sishi, bandlik, valyuta tushumlari va hududiy iqtisodiy rivojlanishga sezilarli makroiqtisodiy ta'sir ko‘rsatadi. Shu sababli mazkur platforma O‘zbekiston hududlarida sport turizmini rivojlantirishning innovatsion va strategik vositasi hisoblanadi .

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1.Simon Hudson *“Sport and Adventure Tourism”* p. cm. Includes bibliographical references and index (p.). ISBN 0-7890-1275-8. 2003. 324 p.

2.Heather J. Gibson, Heather J. Active Sport Tourism: Who Participates? Leisure Studies. №17(2), 1998. – P. 156.

3.Mark Weed and Chris Bull – **“Sports Tourism: Participants, Policy and Providers”** Publisher, Routledge, 2009 ; ISBN, 0750683759, 9780750683753 ; Length, 351 pages.

4.O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti huzuridagi Statistika agentligi va www.knoema.ru xalqaro statistik rasmiy veb sayti ma’lumotlari

5. Milliy Olimpiya qo‘mitasi va Sport vazirligi ma’lumotlari asosida tuzildi https://olympic.uz/en/sports-federations

INSON KAPITALINI OSHISHIDA REGRESSION-KORRELYATSION BOG‘LANISHNI AHAMIYATI

O‘razaliyev Shirinboy Bo‘ron o‘g‘li.
SamISI Oliy matematika kafedrasi assistenti.

Annotatsiya. Inson kapitali iqtisodiy rivojlanishning muhim omillaridan biridir. U insonlarning bilimlari, ko‘nikmalari, sog‘ligi va tajribalarini o‘z ichiga oladi. Inson kapitalini oshirish esa nafaqat individual farovonlikni, balki jamiyat va iqtisodiyotning umumiy rivojlanishini ta’minlaydi. Ushbu maqolada inson kapitalini oshirish jarayonida korrelyatsion va regressiyon tahlil metodlari qanday qo‘llanilishi mumkinligi ko‘rib chiqiladi.

Kalit so‘zlar: Inson kapitali, korrelyatsion tahlil, regressiyon tahlil, funksiya, chiziqli funksiya, egri chiziq,iqtisodiy o‘sish funksiyasi.

Inson kapitali iqtisodiy o‘sish, innovatsiyalar va raqobatbardoshlik uchun zarurdir. O‘zbekiston kabi rivojlanayotgan mamlakatlarda inson kapitalini oshirish orqali ishchi kuchining sifatini yaxshilash, yangi texnologiyalarni joriy etish va iqtisodiy barqarorlikni ta’minlash mumkin.

Inson kapitali iqtisodiy o‘sishida korrelyatsion va regressiyon tahlil olib borish iqtisodiy nuqtayi nazardan juda ahamiyatli bo‘lib bu jarayonlar inson kapitalini oshirish strategiyalarini ishlab chiqishda juda katta yordam beradi.

Korrelyatsion tahlil - bu ikki yoki undan ortiq o‘zgaruvchilar o‘rtasidagi bog‘liqlikni o‘rganish usuli. Inson kapitali va iqtisodiy o‘sish o‘rtasidagi korrelyatsiyani aniqlash uchun quyidagi bosqichlarni amalga oshirish mumkin yani O‘zbekistonning iqtisodiy ko‘rsatkichlari (YaIM, ish bilan ta’minlash darajasi, ta’lim darajasi va boshqalar) to‘planadi va Pearson yoki Spearman korrelyatsiya koeffitsienti yordamida o‘zgaruvchilar o‘rtasidagi bog‘liqlik darajasi aniqlanadi.

Regressiyon tahlil - bu bir yoki bir nechta mustaqil o‘zgaruvchilar yordamida bog‘liq o‘zgaruvchini (masalan, inson kapitalini) prognoz qilish usuli. Ushbu tahlil yordamida inson kapitalining iqtisodiy o‘sishga ta’sirini aniqlash mumkin. Masalan, mustaqil o‘zgaruvchilar sifatida ta’lim darajasi, sog‘liqni saqlash ko‘rsatkichlari va ish tajribasi tanlanadi. Bog‘liq o‘zgaruvchi sifatida esa iqtisodiy o‘sish (YaIM) olinadi. Olingan ma’lumotlar asosida regressiya tenglamasi tuziladi. Misol sifatida

$$\text{YaIM} = a_0 + a_1 \cdot \text{Ta}'\text{lim} + a_2 \cdot \text{Sog}'\text{liq} + \text{a}_3 \cdot \text{Tajriba} + \varepsilon$$

Regressiya koeffitsientlari yordamida har bir mustaqil o‘zgaruvchining bog‘liq o‘zgaruvchiga ta’siri aniqlanadi.

Biz misol sifatida Ta'lim darajasi va ish haqi o‘rtasidagi bog‘lanishni qarab chiqamiz. Bizda bir guruh ishchilarning ta'lim darajasi (yillarda) va ularning oylik ish haqi (dollar) haqida ma'lumotlar bor:

Ta'lim darajasi (yil): X	10	12	14	16	18
Oylik ish haqi (dollar): Y	200	300	400	500	600

Korrelyatsion tahlil yordamida biz ta'lim darajasi va oylik ish haqi o‘rtasidagi bog‘lanishni o‘rganamiz. Korrelyatsiya koeffitsienti r=(-1;1) gacha bo‘lgan qiymatga ega bo‘ladi. Agar r = 1 bo‘lsa, bu ikki o‘zgaruvchi o‘rtasida to‘liq ijobiy bog‘lanish mavjudligini anglatadi. Agar r = -1 bo‘lsa, to‘liq salbiy bog‘lanish mavjud. Agar r = 0 bo‘lsa, bog‘lanish yo‘q.

Korrelyatsiya koeffitsienti formulasiga ko‘ra

$$r_{xy} = \frac{\overline{y \cdot x} - \overline{y} \cdot \overline{x}}{\sigma_x * \sigma_y} = 1$$

Ushbu hisob-kitoblar orqali biz r=1 ekanligini topdik. Bundan ko‘rinadiki ta'lim darajasi va ish haqi o‘rtasida kuchli ijobiy bog‘lanish mavjudligini anglatadi.

Regressiyon tahlil yordamida biz ta'lim darajasi asosida oylik ish haqini qanday prognoz qilish mumkinligini aniqlaymiz.

Tajribadan olingan ma’lumotlar asosida to‘g‘ri chiziqli regressiya tenglamasi quydagi ko‘rinishda bo‘ladi.

ŷ=a+bx

Bu yerdan a va b parametrlarni topadigan bo‘lsak

$$b = \frac{\overline{y \cdot x} - \overline{y} \cdot \overline{x}}{\sigma_x^2} = 50$$

$$a = \overline{y} - b \cdot \overline{x} = -300$$

ŷ=-300+50x

Bu tenglamadan kelib chiqadigan xulosa shuki xarajatning bir birlikka o‘zgarishi undan keladigan daromadni o‘rtacha 50 martaga oshishini ko‘rsatadi.

Xulosa.

Inson kapitalini oshirish iqtisodiy rivojlanish uchun muhimdir. Korrelyatsion va regressiyon tahlil metodlari yordamida inson kapitalining iqtisodiyotga ta'sirini chuqurroq tushunish mumkin. Ushbu tahlillar natijalari davlat siyosati va strategiyalarini ishlab chiqishda asos bo‘lishi mumkin.

Yana bir muhim jihat shundaki, inson kapitalini oshirish uchun ta'lim, sog‘liqni saqlash va ijtimoiy himoya tizimlarini yaxshilash zarur. Bu jarayonlar birgalikda amalga oshirilganda, mamlakatning iqtisodiy salohiyatini oshirishga xizmat qiladi.

Adabiyotlar ro‘yxati.

1. Sh. Sharahmetov, O.Qurbonov, “Iqtisodchilar uchun matematika”. ISBN 978-9943-07-554-2, O‘zbekiston faylasuflari milliy jamiyati nashriyoti, 2017.

2. A.Soliyev, S.Nosirova, Ya. Muxtarov, T.Bo‘riyev. Matematika. Iqtisodchilar uchun amaliy mashg‘ulotlar. O‘quv qo‘llanma – Samarqand: SamDU nashri 2021-200 bet.

3. X.Q.Qarshiboyev. “Ekonometrika”. Toshkent. Iqtisod-Moliya. 2021.Darslik.

4. I.Habibullayev. « Ekonometrika ». Darslik. Toshkent. 2020.

5. A.R.Xoshimov. N.K.Ochilova. M.I.Axmedov. A.I. Sotvoldiyev. « Iqtisodiy matematika » .O‘quv qo‘llanma. Toshkent. 2018.

6. O‘zbekiston Respublikasi Statistika qo‘mitasi ma’lumotlari.

IQTISODIY TIZIMLARNI BOSHQARISHDA CHIZIQLI PROGRAMMALASHTIRISHNING STRATEGIK AHAMIYATI

O‘razaliyev Shirinboy Bo‘ron o‘g‘li

Samarqand iqtisodiyot va servis instituti Oliy matematika kafedrasi o‘qituvchisi

Annotatsiya: Ushbu maqolada chiziqli programmalashtirishning iqtisodiy jarayonlarni modellashtirishdagi fundamental o‘rni ko‘rib chiqiladi. Maqolaning asosiy maqsadi – resurslar cheklanganligi sharoitida matematik optimallashtirish

usullari qanday qilib ishlab chiqarish samaradorligini oshirish va xarajatlarni kamaytirishga xizmat qilishini yoritib berishdir. Tadqiqotda chiziqli programmalashtirishning logistika, moliya va strategik rejalashtirishdagi amaliy ahamiyati tahlil qilingan.

Kalit so‘zlar: Chiziqli programmalashtirish, optimallashtirish, iqtisodiy samaradorlik, resurslarni taqsimlash, maqsad funksiyasi, ishlab chiqarish unumdorligi, transport masalasi, logistika, moliya, boshqaruv qarorlari.

Kirish: Zamonaviy iqtisodiyot – bu nafaqat ayirboshlash va savdo sohasi, balki resurslarni boshqarishning murakkab san'atidir. Har qanday iqtisodiy subyekt, xoh u kichik tadbirkor bo‘lsin, xoh yirik davlat korporatsiyasi, o‘z faoliyati davomida “Qanday qilib kamroq sarflab, ko‘proq foyda olish mumkin?” degan savolga duch keladi. Bu savolga javob topishda amaliy matematikaning chiziqli programmalashtirish bo‘limi eng ishonchli vosita bo‘lib xizmat qiladi. Chiziqli programmalashtirish – bu iqtisodiy o‘zgaruvchilar orasidagi bog‘liqlik chiziqli deb qaraladigan sharoitda, ma’lum bir maqsad funksiyasining (foyda, xarajat, vaqt) eng maqbul qiymatini topish usulidir.

Iqtisodiy resurslar va optimallashtirish falsafasi

Iqtisodiyot fanining poydevori resurslarning cheklanganligi tamoyiliga qurilgan. Yer, xomashyo, energiya, malakali ishchi kuchi va eng asosiysi – vaqt har doim yetishmovchilik holatidadir. Chiziqli programmalashtirish iqtisodchiga ushbu cheklovlar doirasida “eng yaxsh” (optimal) yechimni qidirish imkonini beradi.

Masalan, qishloq xo‘jaligida ekin maydonlari va o‘g‘itlar miqdori cheklangan. Chiziqli modellashtirish orqali qaysi ekin turini qancha maydonga ekish kerakligini hisoblash mumkin, toki mavsum oxirida olingan daromad maksimal bo‘lsin. Bu jarayonda har bir cheklov matematik tilda “tengsizlik” ko‘rinishida ifodalanadi va umumiy yechimlar sohasi shakllantiriladi.

Ishlab chiqarish unumdorligi va tannarx tahlili

Sanoat korxonalarida mahsulot ishlab chiqarish jarayoni ko‘plab bosqichlardan iborat. Har bir uskuna ma’lum quvvatga ega, har bir xomashyo turi ma’lum miqdorda sarflanadi. Chiziqli programmalashtirish usullari ishlab chiqarish liniyalarini shunday yuklashga yordam beradiki, natijada uskunalarning bekor turib qolishi minimallashtiriladi.

Bundan tashqari, tannarxni pasaytirish masalasida ushbu usulning o‘rni beqiyos. Masalan, oziq-ovqat sanoatida mahsulot (masalan, chorva ozuqasi) tarkibidagi vitamin va minerallarning minimal miqdorini saqlagan holda, eng arzon xomashyo tarkibini tanlash chiziqli programmalashtirishning klassik “parhez masalasi” orqali hal qilinadi.

Logistika va transport tizimlaridagi inqilob

Iqtisodiyotning qon tomiri bo‘lgan logistika sohasida chiziqli programmalashtirish xarajatlarni keskin kamaytirishga xizmat qiladi. Transport masalasi deb ataladigan maxsus yo‘nalish mahsulotni ishlab chiqaruvchidan iste’molchiga yetkazishning eng qisqa va eng arzon yo‘llarini aniqlaydi. Bu

nafaqat yoqilg‘i tejalishiga, balki ekologiyaga zararni kamaytirishga va mahsulotning yakuniy narxi pasayishiga ham olib keladi. Yirik kurerlik xizmatlari va xalqaro yuk tashish kompaniyalari o‘z faoliyatini ushbu algoritmlarsiz tasavvur qila olmaydi.

Moliya va investitsion boshqaruv

Moliya bozorlarida investorlar o‘z mablag‘larini turli aktivlarga (aksiyalar, obligatsiyalar, ko‘chmas mulk) taqsimlashda risk va daromad o‘rtasidagi muvozanatni qidiradilar. Chiziqli va chiziqli bo‘lmagan programmalashtirish modellari investitsiya portfelini shunday shakllantirishga yordam beradiki, belgilangan risk darajasida maksimal daromad ta’minlanadi. Bu usul bank tizimida kredit limitlarini belgilash va aktivlarni boshqarishda ham keng qo‘llaniladi.

Xulosa va kelajak istiqbollari

Chiziqli programmalashtirish shunchaki nazariya emas, balki iqtisodiy samaradorlikni ta’minlovchi amaliy mexanizmdir. U iqtisodchilarga his-tuyg‘ularga yoki taxminlarga emas, balki qat’iy mantiqiy hisob-kitoblarga tayanish imkonini beradi. Bugungi raqamli transformatsiya va sun'iy intellekt davrida optimallashtirish algoritmlari yanada murakkablashib bormoqda, biroq ularning o‘zagida baribir chiziqli programmalashtirishning fundamental tamoyillari yotadi. Resurslardan oqilona foydalanishni o‘rganish – barqaror iqtisodiy o‘sishning yagona yo‘lidir.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati:

1. **Soliyev A.S.** – "Iqtisodiyotda matematik modellashtirish va usullar", Toshkent, 2021.

2. **Dantzig G.B.** – "Linear Programming and Extensions", Princeton University Press, 1963. (Klassik manba).

3. **Hamidov H.** – "Amaliy matematika va iqtisodiy masalalar", O‘qituvchi nashriyoti, 2019.

4. **Taha H.A.** – "Operations Research: An Introduction", Pearson Education, 10th Edition, 2017.

5. **O‘zbekiston Respublikasi Statistika Agentligi** – "Iqtisodiy ko‘rsatkichlarni tahlil qilishda matematik usullardan foydalanish" uslubiy qo‘llanma, 2023.

QISHLOQ XO‘JALIGINING BIR QISMI BO‘LGAN UZUM MAHSULOTINING REGRESSION-KORRELYATSION TAHLILI

O‘razaliyev Shirinboy Bo‘ron o‘g‘li
Samarqand iqtisodiyot va servis instituti Oliy matematika kafedrasi o‘qituvchisi

ANNOTATSIYA: Ushbu maqolada mamlakatimizda kichik tadbirkorlikning bir qismi bo‘lgan uzum mahsulotining 1 gektar yer uchun sarf

qilingan xarajat va shu yerdan olingan hosildorlikdan keladigan daromat o‘rtasidagi o‘zaro chiziqli ekonometrik tahlili keltirilgan. Tahlilda eng kichik kvadratlar usuli yordamida tahlil olib borilgan.

Faraz qilaylik $(X;Y)$tasodifiy miqdorlar sistemasi tajriba natijasida quydagi $(x_1;y_1),(x_2;y_2),\dots,(x_n;y_n)$, qiymatlarni qabul qilsin. Tajribadan olingan ma’lumotlar asosida to‘g‘ri chiziqli regressiya tenglamasi quydagi ko‘rinishda bo‘ladi.

$$\hat{y}=a+bx \qquad (1)$$

Bu chiziqli tenglamani tuzish uchun eng kichik kvadratlar usulidan foydalanamiz ya’ni

$$\begin{cases} na+b\sum_{i=1}^{n}x_i=\sum_{i=1}^{n}y_i \\ a\sum_{i=1}^{n}x_i+b\sum_{i=1}^{n}x_i^2=\sum_{i=1}^{n}y_ix_i \end{cases}$$

Bu chiziqli tenglamalar sistemasi a va b ga nisbatan ikki nomalumli ikkita tenglamadan iborat. Bu tenglamalar sistemasini yechib (1) ga olib borib qo‘yilsa biz izlayotgan chiziqli regressiya tenglamasi hosil bo‘ladi.

Bu chiziqli regressiya tenglamasi to‘g‘ri yoki noto‘g‘ri bog‘langanligini ifodalab beruvchi ifodaga korrelyatsiya koeffitsiyenti deyiladi va quydagi formula orqali topiladi.

$$r_{xy}=\frac{\overline{y\cdot x}-\overline{y}\cdot\overline{x}}{\sigma_x*\sigma_y}$$

Misol. Qishloq xo‘jalidagi 1 gektar yer uchun uzum mahsulotining 7 yil kuzatish natijasida sarf qilingan xarajat (x) va bu uzumni sotish natijasida olingan daromad (y) o‘rtasidagi quyidagi ma’lumotlar olingan.

Sarf qilingan xarajat – x (mln so‘mda)	2	3	5	6	8	9	11
Olingan daromad– y (mln so‘mda)	10	15	20	30	35	40	50

Bu ma’lumotlardan foydalanib, olingan daromat (y) va sarf qilingan xarajat (x) orasidagi chiziqli regressiya tenglamasi tuzilsin va tuzilgan tenglama korrelyatsiya koeffitsiyenti orqali baholansin.

Yechish:

Chiziqli regressiya tenglamasining umumiy ko‘rinishi quyidagicha bo‘ladi:

$$\hat{y}=a+bx$$

Bu tenglamani tuzish uchun eng kichik kvadratlar usulidan foydalanamiz.

$$\begin{cases} na + b\sum_{i=1}^{n} x_i = \sum_{i=1}^{n} y_i \\ a\sum_{i=1}^{n} x_i + b\sum_{i=1}^{n} x_i^2 = \sum_{i=1}^{n} y_i x_i \end{cases}$$

Dastlab chiziqli regressiya tenglamasining a va b parametrlarini $\sum_{i=1}^{n} y_i$, $\sum_{i=1}^{n} x_i$, $\sum_{i=1}^{n} y_i x_i$, $\sum_{i=1}^{n} x_i^2$, $\sum_{i=1}^{n} y_i^2$,

$$\sigma_x = \sqrt{\overline{x^2} - (\bar{x})^2}\,, \sigma_y = \sqrt{\overline{y^2} - (\bar{y})^2}$$

Yuqoridagi formulalardan foydalanib hisoblanadi. Hisoblash natijalari quyidagi jadvalda keltirilgan.

t/r	***y***	***x***	***yx***	$\mathbf{x^2}$	$\mathbf{y^2}$
1	10	2	20	4	100
2	15	3	45	9	225
3	20	5	100	25	400
4	30	6	180	36	900
5	35	8	280	64	1225
6	40	9	360	81	1600
7	50	11	550	121	2500
Jami	200	44	1535	340	6950
O‘rtacha qiymatlar	28,6	6.3	219,3	48.6	992,8
σ	13,2	2,98	x	x	x

$$b = \frac{\overline{y \cdot x} - \overline{y} \cdot \overline{x}}{\sigma_x^2} = \frac{219.3 - 28.6 * 6.3}{2.98^2} = \frac{39.12}{8.9} = 4.4$$

$$a = \overline{y} - b \cdot \overline{x} = 28.6 - 4.4 * 6.3 = -1.01$$

Yuqoridagi a va b larni aniqlangan qiymatlarga ko‘ra, regressiya tenglamasi quyidagicha bo‘ladi:

$$\hat{y}=-1.01+4.4x$$

Bu tenglamadan kelib chiqadigan xulosa shuki xarajatning bir birlikka o‘zgarishi undan keladigan daromadni o‘rtacha 4.4 mln so‘mga oshishini ko‘rsatadi. Endi x va y larning o‘zaro bog‘lanish yo‘nalishini va juftlik korrelyatsiyasining chiziqli koeffitsiyentini hisoblaymiz:

$$r_{xy} = \frac{\overline{y \cdot x} - \overline{y} \cdot \overline{x}}{\sigma_x * \sigma_y} = \frac{219.3 - 28.6 * 6.3}{13.2 * 2.98} = \frac{39.12}{39.3} = 0.995$$

Demak bundan xulosa qilish mumkinki korrelyatsiya koeffitsiyenti 0.995 ga teng. Sarf qilingan xarajat (x) va bu uzumni sotish natijasida olingan daromad (y) o‘rtasidagi bog‘lanish o‘ta zich va to‘g‘ri bog‘langan.

Xulosa.

Ushbu maqolada qishloq xo‘jaligida yetishib chiqadigan uzum mahsulotining 1 gektari uchun 7 yil kuzatishlar natijasida sarf qilingan xarajat va shu yerdan olingan hosildorlikdan keladigan daromat o‘rtasidagi o‘zaro chiziqli bog‘lanish tenglamasi va korrelyatsiyon tahlili olib borildi.

Foydalanilgan adabiyotlar.

1. I.Habibullayev. « Ekonometrika ». Darslik. Toshkent. 2020.

2. A.R.Xoshimov. N.K.Ochilova. M.I.Axmedov. A.I. Sotvoldiyev. « Iqtisodiy matematika » .O‘quv qo‘llanma. Toshkent. 2018.

3. X.Q.Qarshiboyev. « Ekonometrika ». Darslik. Toshkent. 2021.

4. G.Nasriddinov. « Ekonometrika 1 ». O‘quv qo‘llanma. Toshkent. 2008.

ЛИНЕЙНЫЙ РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ МЯСНОЙ ПРОДУКЦИИ, ВХОДЯЩЕЙ В СОСТАВ ПОТРЕБЛЕНИЯ ВСЕГО ЧЕЛОВЕЧЕСТВА И МИРА

Ўразалиев Ширинбой Бўрон ўғли
СамИСИ Олий математика кафедраси ассистенти

Аннотация: Регрессионно-корреляционный анализ потребления мясных продуктов важен как часть человеческого и мирового потребления. Этот анализ помогает определить связь между потреблением мяса и различными факторами. Эти результаты помогут политикам, предпринимателям и экономистам понять рынок мясных продуктов и могут быть полезны при разработке будущих стратегий.

Кроме того, изучение социально-экономического воздействия потребления мяса важно для решения вопросов продовольственной безопасности и устойчивости.

Ключевые слова: функция, линейная функция, кривая, спрос и предложение, функция производства, функция цены, функция прибыли, функция экономического роста.

Предположим, что $(X;Y)$ система случайных величин в результате эксперимента принимает следующие значения$(x_1;y_1),(x_2;y_2),\dots,(x_n;y_n)$. На основании данных эксперимента уравнение прямолинейной регрессии выглядит следующим образом.

$$\hat{y}=a+bx \qquad (1)$$

Чтобы построить это линейное уравнение, мы используем метод наименьших квадратов т. е.

$$\begin{cases} na + b\sum_{i=1}^{n} x_i = \sum_{i=1}^{n} y_i \\ a\sum_{i=1}^{n} x_i + b\sum_{i=1}^{n} x_i^2 = \sum_{i=1}^{n} y_i x_i \end{cases}$$

Эта система линейных уравнений состоит из двух уравнений с двумя неизвестными относительно A и B. Решение этой системы уравнений и приведение к (1) дает уравнение линейной регрессии, которое мы ищем.

Выражение, которое выражает, правильно ли связано это уравнение линейной регрессии, называется коэффициентом корреляции и находится по формуле ниже.

$$r_{xy} = \frac{\overline{y \cdot x} - \overline{y} \cdot \overline{x}}{\sigma_x * \sigma_y}$$

Пример. Следующие данные были получены в результате 7-летнего наблюдения за мясной продукцией, выращенной в сельской местности, при расчете поголовья более 1 быка в 1 год и последующих годах за каждый год, между затраченными затратами (x) и доходом (y), полученным в результате продажи этого мяса.

Понесенные расходы-x (в млн. сум)	15	33	49	65	80	97	112
Полученный доход-y (в млн. сум)	20	42	63	85	107	124	145

Используя эти данные, составьте уравнение линейной регрессии между полученным доходом (y) и понесенными расходами (x), а составленное уравнение оцените с помощью коэффициента корреляции.

Решение: Общий вид уравнения линейной регрессии будет следующим:

$$\hat{y}=a+bx$$

Для построения этого уравнения будем использовать метод наименьших квадратов.

$$\begin{cases} na + b\sum_{i=1}^{n} x_i = \sum_{i=1}^{n} y_i \\ a\sum_{i=1}^{n} x_i + b\sum_{i=1}^{n} x_i^2 = \sum_{i=1}^{n} y_i x_i \end{cases}$$

Первоначально параметры a и b уравнения линейной регрессии

$$\sum_{i=1}^{n} y_i,\ \sum_{i=1}^{n} x_i, \sum_{i=1}^{n} y_i x_i, \sum_{i=1}^{n} x_i^2, \sum_{i=1}^{n} y_i^2,$$

$$\sigma_x = \sqrt{\overline{x^2} - (\bar{x})^2}, \sigma_y = \sqrt{\overline{y^2} - (\bar{y})^2}$$

рассчитывается по следующим выражениям. Результаты расчета приведены в таблице ниже.

Таблица

t/r	***Y***	***X***	***Yx***	**y^2**	**x^2**
1	20	15	300	400	225
2	42	33	1386	1764	1089
3	63	49	3087	3969	2401
4	85	65	5525	7225	4225
5	107	80	8560	11449	6400
6	124	97	12028	15376	9409
7	145	112	16240	21025	12544
Итого	586	451	47126	61208	36293
Средние значения	83,71	64,42	6732,28	8744	5184,71
σ	41.67	32.17	X	X	X

$$b = \frac{\overline{y \cdot x} - \overline{y} \cdot \overline{x}}{\sigma_x^2} = \frac{6732 - 83.71 * 64.42}{(32.17)^2} = \frac{1339.40}{1034.91} = 1.29$$

$$a = \overline{y} - b \cdot \overline{x} = 83.71 - 1.29 * 64.42 = 0.61$$

Согласно значениям, определенным в a и b выше, уравнение регрессии будет:

ŷ=0.61+1.29x

Вывод из этого уравнения заключается в том, что изменение стоимости на единицу показывает увеличение дохода от нее в среднем на 1,29 млн. сумов. Теперь вычислим направление связи (x) и (y) и линейный коэффициент корреляции пар:

$$r_{xy} = \frac{\overline{y \cdot x} - \overline{y} \cdot \overline{x}}{\sigma_x * \sigma_y} = \frac{6732.28 - 83.71 * 64.42}{41.67 * 32.17} = \frac{1339,68}{1340,52} = 0,999$$

Отсюда можно сделать вывод, что коэффициент корреляции равен 0,999. Связь между затраченными затратами (x) и доходом, полученным от продажи этого винограда (y), чрезвычайно плотная и правильно связанная.

Вывод.

В данной статье приведено уравнение и корреляционный анализ взаимной линейной зависимости между затратами, понесенными в результате наблюдений за 7-летним производством мясной продукции, и доходом, полученным от результата, полученного от этой выращенной продукции, в случае, когда в сельском хозяйстве 1-й год рассчитывается поголовье более 1 быка, а последующие годы-более 1 быка за каждый год.

ЛИТЕРАТУРА

1. Магнус Я.Р., Катышев П.К., Пересецкий А.А. Эконометрика. Начальный курс(один из самых популярных учебников для начинающих).
2. Новиков А.И. Эконометрика: учебник для вузов (доступное изложение основ)
3. Доугерти К. Введение в эконометрику (перевод книги Кристофера Доугерти)
4. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрики (углубленный курс)

IKKINCHI TARTIBLI KELI DARAXTIDA TASHQI MAYDONLI IZING MODELI UCHUN ASOSIY HOLATLAR

Daminov Kamol Ruziboy o‘g‘li
Samarqand iqtisodiyot va servis instituti assistenti

Annotatsiya: Ko‘plab ilmiy-amaliy tadqiqotlar aksariyat hollarda statistic fizika va statistic mexanika modellarini tatqiq qilish maslalariga keltiriladi. Panjarli sistemalarda modellar uchun Gibbs o‘lchovlarini qurish fizika, statistik mexanika, kimyo, biologiya va informatsion texnologiyalardagi ba`zi muammolarni hal etishda muhim vazifalardan biri bo‘lib qolmoqda.

Аннотация: Many scientific and practical researches are mostly related to the research of statistical physics and statistical mechanics models. Construction of Gibbs measures for models in lattice systems remains one of the important tasks in solving some problems in physics, statistical mechanics, chemistry, biology and information technologies.

Annotation: Многие научные и практические исследования в основном связаны с исследованием моделей статистической физики и статистической механики. Построение мер Гиббса для моделей в решетчатых системах остается одной из важных задач при решении ряда задач физики, статистической механики, химии, биологии и информационных технологий.

Faraz qilaylik, $T^k = (V, L, i)$, bu yerda V - T^k ni uchlar to‘plami, L uning qirralar to‘plami va $i -$ insidentlik funksiyasi, har bir $l \epsilon L$ qirraga uning oxirgi nuqtalari $x, y \epsilon V$, ni mos qo‘yadi.

Agar $i(l) = \{x, y\}$bo‘lsa, u holda x, y yaqin qo‘shnilar deyiladi va bunda $l = \langle x, y \rangle$, ko‘rinishda yozamiz.

Keli daraxtida $d(x, y), x, y \epsilon V$ masofa

$d(x, y) = min\{d: \exists\, x = x_0, x_1 \dots \dots x_{d-1}, x_d = y \in V\}$ bu yerda

$< x_0, x_1 >, < x_1, x_2 >, \dots, < x_{d-1}, x_d > -$ yaqin qo‘shnilar formula yordamida kiritiladi.

Yuqoridagi minimumni aniqlovchi $\pi = \{x = x_0, x_1 \dots, \dots x_{d-1}, x_d = y \in V\}$ ketma-ketlik x dan y ga yo‘l deyiladi.

Ma’lumki, T^k Keli daraxtining uchlar to‘plami va $k+1$ ta ikkinchi tartibli siklik gruppalarning ozod ko‘paytmasi bo‘lgan, hosil qiluvchilari $a_1, a_2, a_3, \dots., a_{k+1}$ bo‘ladigan G_k gruppa elementlari o‘rtasida b qiymatli moslik mavjud.

Fiksirlangan $x^0 \in V$ uchun quyidagi belgilashlarni kiritamiz.

$$W_n = \{x^0 \in V \mid \mathrm{d}(\mathrm{x}^0, \mathrm{x}) = \mathrm{n}\}$$

$$V_n = \bigcup_{m=0}^{n} W_m$$

$$L_n = \{< x, y > \in L \mid \mathrm{x}, \mathrm{y} \in \mathrm{V_n}\}$$

Bu yerda $d(x, y) - x, y \in V$ uchlar orasidagi masofa.

Spin qiymatlari $\phi = \{-1, 1\}$ bo‘lgan Izing modelini qaraymiz. $\sigma -$ Konfiguratsiya V uchlar to‘plami elementlarini $\phi = \{-1, 1\}$ to‘plam elementiga mos qo‘yuvchi akslantrishdir. U quyidagi fiunksiya ko‘rinishida amiqlanadi. $x^0 \in V \rightarrow \sigma(x) \in \Phi$. Barcha konfiguratsiyalar to‘plami $\Omega = \Phi^v$.

$G_k/G_k^* = \{H_1, H_2, \dots, H_r,\} -$ factor-gruppa bo‘lsin, bu yerda G_k^* - normal bo‘luvchi $r \geq 1$

Ta’rif 2.2.1. Agar $\sigma(x) = \sigma_i$ da $x \in H_i$ shart o‘rinli bo‘lsa, u holda $\sigma(x), x \in V$ konfiguratsiya deyiladi. G_k davriy konfiguratsiya esa translatsion-invariant konfuguratsiya deyiladi.

Ta’rif 2.2.2. Agar $\sigma(x) = \sigma_{ij}$ da $x_\downarrow \in H_i$ va $x \in H_j$ shart o‘rinli bo‘lsa, u holda $\sigma(x), x \in V$ konfiguratsiya $G_k^* -$ kuchsiz davriy deyiladi.

Tashqi magnit maydonli oddiy Izing modeli Gamiltoniani quyudagicha aniqlanadi.

$$H(\sigma) = J \sum_{\langle x,y \rangle \in L} \sigma(x)\sigma(y) + \alpha \sum_{\langle x,y \rangle \in L} \sigma(x)$$

Bunda $J, \alpha \epsilon R, \alpha -$tashqi magnit maydon.

V uchlari to‘plamidan tuzilgan birlik sharlar to‘plamini M bilan belgiaymiz. $b \in M$ shardagi konfiguratsiyani $x \in V \rightarrow \sigma(x) \in \Phi$ funksiya kabi aniqlaymiz va uni $\sigma(V)$ orqali belgilaylik. $b \in M$ sharni markazini c_b bilan qolgan nuqtalar to‘plamini ω_b bilan belgilaylik. σ_b konfiguratsiya enirgiyasini

$$U(\sigma) = \frac{1}{2} J \sum_{x \in \omega_b} \sigma(x)\sigma(c_b) + \alpha\sigma(c_b)$$

Bu yerda $\Psi = (J, \alpha) \epsilon R^2$ enirgiyalari quyudagi ko‘rinishda bo‘ladi.

Limm 2.2.3. k=2 bo‘lsin. U holda σ_b konfiguratsiya enirgiyasi uchun quyudagi tengliklar o‘rinli bo‘ladi:

$$U(\sigma_b) = \min\{U_1, U_2, U_3, U_4, U_5, U_6, U_7, U_8\}$$

Bunda :

1. $U_1 = \frac{3}{2} J + \alpha$ 5. $U_7 = -\frac{3}{2} J - \alpha$

2. $U_2 = \frac{1}{2}J + \alpha$ 6. $U_6 = \frac{1}{2}J - \alpha$

3. $U_3 = -\frac{1}{2}J + \alpha$ 7. $U_5 = -\frac{1}{2}J - \alpha$

4. $U_4 = -\frac{3}{2}J + \alpha$ 8. $U_8 = \frac{3}{2}J - \alpha$

Adabiyotlar

1. U.A.Rozikov. A Constructive Deseription of Ground States and Gibbs Measures for Ising Model With Two-Step Interactions on Cayley Trees, Journal of Statistical Physics, Vol.122, No.2, 2006.

2. U.A.Rozikov. Gibbs Measures on Cayley Trees, World Scientific, Haversack 2013.

3. Rahmatullaev M., Rasulova M. Periodic and Weakly Periodic

Ground States for the Potts Model with Competing Interactions on the Cayley Tree Siberian Advances in Mathematics, 2016, Vol. 26, No. 3,pp. 215-229.

4. Н. Н. Ганиходжаев, У. А. Розиков. О периодических гиббсовских распределениях модели Изинга на решетке Бете. Узматжур. 1995 №4. С.12-2.

5. Н. Н. Ганиходжаев. Групповое представление и автоморфизмы дерева Кэли. ДАН АНРУз. 1994. №6. С.3-5

6. U. A. Rozikov. “A contructite Description of Grond States and Gibbs Measures for Ising Model with two step interations on Cayley tree”. Journal of statistical Physics. Vol. 122. N2. 2006.83

7. Блехер П.М.,Ганиходжаев Н.Н. О чистых фазах модели Изинга на решетке Бете//Теория вероят. и ее прииен., 1990.т.35, вып.2.-с.920-930.

8. Minlos R.A., Introduction to mathematical statistical physics. University lecture series, v.19, 2000.

9. Rozikov U.A., Suhov Yu.M. Inf. Dim. Anal.Quant.Prob. RT, 2006, V.9, N3, p.471-488.

10. Розиков У.А., Рахматуллаев М.М. Слабо периодические основные состояние и мер Гиббса для модели Изинга с конкурирующими взаимодействиями на дереве Кэли. ТМФ, 2009, Т.160, N3, с. 507-516.

11. Rozikov U. A. Gibbs measures on Cayley trees. 2010.

12. Botirov G.I., Rozikov U.A. On q − component models on Cayley tree: the general case. Jour. Stat. Mech.: Theory and Exper. 2006. P10006, 8 pages.

13. Botirov G.I.,Rozikov U.A. Potts model with competing interactions on the Cayley tree: The contour method. Theor. Math. Phys. 2007, V.153, No.1, p.1423–1433.

14. Ganikhodjaev N.N., Rozikov U.A. On Potts model with countable set of spin values on Cayley tree. Letters in Math. Phys. 2006, V.75, No. 1, p.99-109.

15. Ganikhodjaev N.N., Mukhamedov F.M., Rozikov U.A. Existence of phase transition for the Potts p -adic model on the set Z . Theor. Math. Phys. 2002, v.130. n.2, 500-507.

16. Mukhamedov F.M., Rozikov U.A. On inhomogeneous p – adic Potts model on a Cayley tree. Inf.Dim. Anal. Quant. Prob. Rel. Fields 2005. V.8, No.2, p.277- 290.

QASHSHOQLIK DARAJASI VA UNGA TA'SIR ETUVCHI OMILLAR KO'RSATGICHLARINI PROGNOZLASH

Daminov Kamol Ruziboy o'g'li
Samarqand iqtisodiyot va servis instituti assistenti

Annotatsiya: Ma'lumki mintaqada qashshoqlik darajasgni o'rganishda ta'sir etuvchi omillar kompleksini tahlil etish maqsadga muvofiqdir. Ushbu maqolada Samarqand viloyati qashshoqlik va ishsizlik darajasi va unga ta'sir etuvchi asosiy mintaqa makroiqtisodiy ko'rsakkichlar va ularning tendensiyalari ekonometrik tahlil qilingan

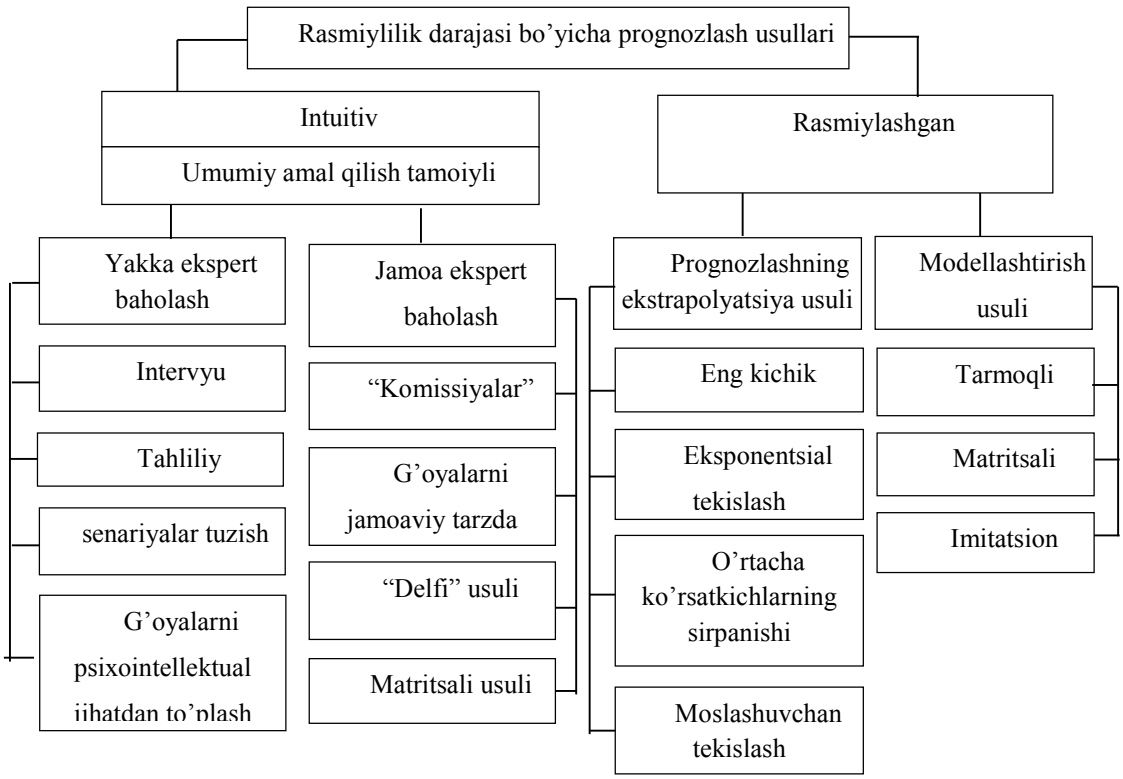
Bunda qashshoqlik bilan bog'liq ko'rsatkichlar prognozi muhim ahamiyat kasb etadi. Ya'ni, iqtisodiy rivojlanishni prognozlashtirishdan asosiy maqsad shuki, real sektorlarda sodir bo'layotgan iqtisodiy jarayonlarga moslashgan holda uni o'rganish va kutiladigan miqdorlarni taqriban belgilab olishdan iboratdir.

Boshqacha aytganda, prognozlash - iqtisodiyotni tartibga solish jarayonining yana bir bosqichi yoki mamlakat iqtisodiy-ijtimoiy rivojlanish dasturini ishlab chiqishning bir qismi hisoblanadi .

Hozirgi kunda olimlarning baholashicha 150 dan ortiq turli xil prognozlash usullari mavjud. Ammo amaliyotda asosiylari sifatida

15-20 tadan foydalaniladi (1-rasm). Mavjud manbalarda prognozlash usullarining turli tasnifiy tamoyillari keltirilgan. Prognozlash usulining eng muhim tasnifiy belgilaridan biri prognostik usullarni to'liq qamrab oladigan rasmiylilik darajasi hisoblanadi. Ikkinchi tasnifiy belgilari sifatida progozlash usuli amal qilishining umumiy tamoyili, uchinchisi esa prognoz axborotini olish uslubi hisoblanadi, to'rtinchi asosiy belgisi esa prognoz ob'ektlarini o'ziga xos xususiyatlaridir[14].

[14] Mambetjanov Q.Q. Makroiqtisodiy tahlil va prognozlash. O'quv-uslubiy majmua, O'zMU, T. 2020. – 37 b.



1-rasm. Rasmiylilik darajasi bo‘yicha prognozlash usullari

Sanoat ishlab chiqarishning istiqboldagi hajmini prognozlash mintaqaning rivojlanishi uchun sanoat siyosatining eng maqbul variantlarini ishlab chiqish, sanoat tarmoqlarining muqobil rivojlanish yo‘llarini ko‘rsatib berish, tarmoqlarni rivojlantirish bo‘yicha ustuvor yo‘nalishlarni belgilash va ularning rivojlanish mexanizmlari bilan bog’liq bo‘lgan tizimli tahlillarni amalga oshirish imkoniyatlarini beradi .

Ammo, prognozlash vaqt bo‘yicha hisoblanayotgan natija ko‘rsatkichini vaqt omiliga nisbatan monoton bo‘lishini nazarda tutadi. Aks holatda bu olingan natija ko‘rsatkichining kelgusidagi real holatini ko‘rsatib bera olmaydi .

Shuni alohida ta’kidlash lozimki, prognozdan oldingi tahlilining eng qiyin ishlaridan biri analitik bog’liqlikni to‘g’ri tanlash hisoblanadi. Trendni tasvirlovchi funktsiya turini tanlash, eng kichik kvadratlar usuli yordamida aniqlanadigan parametrlar ko‘pincha empirik tarzda, ya’ni bir qator funktsiyalarni o‘rtacha kvadratik xato kattaligi bo‘yicha o‘zaro qiyoslanadi .

Demak, sanoat ko‘rsatkichlarini alohida vaqt davomiyligi bo‘yicha trend modellar va bog’liq ko‘rsatkichlarni ko‘p omilli regressiya modellari bo‘yicha prognoz qilish hamda turli modellar asosida amalga oshirilgan prognoz ko‘rsatkichlarning eng optimali sifatida model hatoliklarini taqqoslash asosida tanlanadi.

Trend modellarini quyidagi ko‘rinishlari mavjud.

Iqtisodiy-ijtimoiy jarayonlarni prognozlashda chiziqli, parabola, eksponentsional, darajali va logarifmik kabi trend funktsiyalar qo‘llaniladi:

chiziqli trend modeli → $y_t = \beta_0 + \beta_1 T + \varepsilon$ (1)

Parabola trend modeli → $y_t = \beta_0 + \beta_1 T + \beta_2 T^2 + \varepsilon$ (2)

Eksponentsial trend modeli → $y_t = \beta_0 e^{\beta_1 T} + \varepsilon$ (3)

Darajali trend modeli → $y_t = \beta_0 T^{\beta_1} + \varepsilon$ (4)

logarifemik trend modeli → $y_t = \beta_0 + \beta_1 \ln(T) + \varepsilon$ (5)

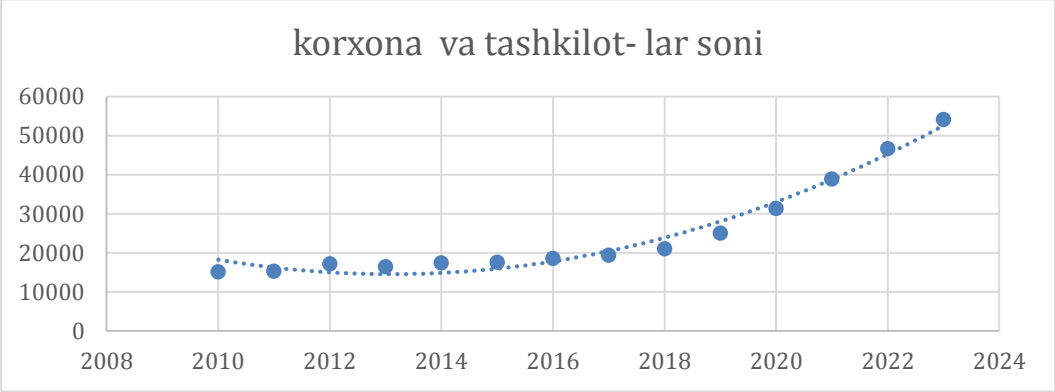
bu yerda: y_t - t vaqtda kutilayotgan miqdor,

t – vaqt omili, e (2,718) – natural logarifim asosi.

Yuqoridagi ekonometrik modellar asosida Samarqand viloyati iqtisodiy ko‘rsatkichlari uchun o‘rta muddatli prognoz qiymatlarini ishlab chiqish mumkin.

Qashshoqlik darajasi va unga ta’sir etuvchi omillar ko’rsatgichlarini prognozlash uchun asosiy ta’sirga ega bo’lgan iqtisodiy ko’rsatgichlar uchun trend modellarini tuzib olamiz. Adekvat trend modelini tanlash uchun determinatsiya koeffisenti bo’yicha yuqorilarini tanlab olamiz.

Korxona va tashkilotlar soni uchun tuzilgan trend modeli quyidagi parabolik ko’rinishga ega bo’ladi.



Korxona va tashkilotlar sonining parabolik grafigi.

$y_{korx} = 387{,}82t^2 - 1561452\ t + 1571691705\ R^2 = 0{,}974$

Trend modeli asosida korxona va tashkilotlar soni uchun o’rta muddatli prognmoz qiymatini hisoblaymiz.

Yillar	Korxona va tashkilotlar soni uchun
2024	60628
2025	69473
2026	79094
2027	89490

Samarqand viloyatida o’rtacha oylik dinamikasi uchun chiziqli trend modeli quyidagi ko’rinishlar ega bo’ladi. Ishlab chiqilgan chiziqli trend modeli asosida o’rta muddatli prognoz qiymatlari ishlab chiqildi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Khoshim KHIDIROV. Mahmatkobil OBILKOSIMOV. “Kambag‘allik va qashshoqlikka qarshi kurashish: oldini olish yo‘llari, usullari va mazmun-mohiyati” Жамият ва инновациялар. 11 (2021) 97-103-bet

2. Bughin, J., Manyika, J., & Woetzel, J. (2017). Ishlaydigan kelajak: avtomatlashtirish, bandlik va mahsuldorlik. McKinsey Quarterly.
3. Галочкин, В. Т. “Эконометрика” Москва 2021
4. Catalini, C., Gans, J. S. (2016). "Some Simple Economics of the Blockchain." NBER Working Paper No. 22952.
5. Gans, J. S., & Halaburda, H. (2018). "Some Economics of Private Digital Currency." The Journal of Economic Perspectives, 31(2), 131-150.
6. Shadmanova G., Raxmankulova B.O., Karimova X.X .“EKONOMETRIKA”. Toshkent 2019
7. Shodiyev T.SH.. “EKONOMETRIKA”. Toshkent 2005
8. Gans, J. S., & Halaburda, H. (2018). "Some Economics of Private Digital Currency." The Journal of Economic Perspectives, 31(2), 131-150.

KELI DARAXTIDA TASHQI MAYDONLI IZING MODELI UCHUN DAVRIY BO‘LMAGAN ASOSIY HOLATLAR

Daminov Kamol Ruziboy o‘g‘li
Samarqand iqtisodiyot va servis instituti assistenti

Annotatsiya: Ko‘plab ilmiy-amaliy tadqiqotlar aksariyat hollarda statistik fizika va statistic mexanika modellarini tatqiq qilish maslalariga keltiriladi. Panjarli sistemalarda modellar uchun Gibbs o‘lchovlarini qurish fizika, statistik mexanika, kimyo, biologiya va informatsion texnologiyalardagi ba`zi muammolarni hal etishda muhim vazifalardan biri bo‘lib qolmoqda.

Faraz qilaylik, $T^k = (V, L, i)$, bu yerda V - T^k ni uchlar to‘plami, L

uning qirralar to‘plami va $i -$ insidentlik funksiyasi, har bir $l \epsilon L$ qirraga uning oxirgi nuqtalari $x, y \epsilon V$, ni mos qo‘yadi.

Agar $i(l) = \{x, y\}$bo‘lsa, u holda x, y yaqin qo‘shnilar deyiladi va bunda

$l = \langle x, y \rangle$, ko‘rinishda yozamiz.

Keli daraxtida $d(x, y), x, y \epsilon V$ masofa

$d(x, y) = min\{d: \exists\, x = x_0, x_1 \dots \dots x_{d-1}, x_d = y \in V\}$ bu yerda

$< x_0, x_1 >, < x_1, x_2 >, \dots, < x_{d-1}, x_d > -$ yaqin qo‘shnilar formula yordamida kiritiladi.

Yuqoridagi minimumni aniqlovchi $\pi = \{x = x_0, x_1 \dots, \dots x_{d-1}, x_d = y \in V\}$ ketma-ketlik x dan y ga yo‘l deyiladi.

Ma’lumki, T^k Keli daraxtining uchlar to‘plami va $k + 1$ ta ikkinchi tartibli siklik gruppalarning ozod ko‘paytmasi bo‘lgan, hosil qiluvchilari $a_1, a_2, a_3, \dots., a_{k+1}$ bo‘ladigan G_k gruppa elementlari o‘rtasida b qiymatli moslik mavjud.

Fiksirlangan $x^0 \in V$ uchun quyidagi belgilashlarni kiritamiz.

$$W_n = \{x^0 \in V \mid \mathrm{d}(\mathrm{x}^0, \mathrm{x}) = \mathrm{n}\}$$

$$V_n = \bigcup_{m=0}^{n} W_m$$

$$L_n = \{< x, y >\in L \,|\mathrm{x,y} \in \mathrm{V_n}\}$$

Bu yerda $d(x,y) - x, y \in V$ uchlar orasidagi masofa.

Spin qiymatlari $\phi = \{-1, 1\}$ bo‘lgan Izing modelini qaraymiz. $\sigma -$ Konfiguratsiya V uchlar to‘plami elementlarini $\phi = \{-1, 1\}$ to‘plam elementiga mos qo‘yuvchi akslantrishdir. U quyidagi fiunksiya ko‘rinishida amiqlanadi. $x^0 \in V \rightarrow \sigma(x) \in \Phi$. Barcha konfiguratsiyalar to‘plami $\Omega = \Phi^v$.

$G_k/G_k^* = \{H_1, H_2, \dots, H_r,\} -$ factor-gruppa bo‘lsin, bu yerda G_k^* - normal bo‘luvchi $r \geq 1$

Ta’rif 1.1.1. Agar $\forall\, b \in M$ uchun $U(\sigma_b)\min\{U_1, U_2, U_3, U_4, U_5, U_6, U_7, U_8\}$ tenglik o‘rinli bo‘lsa, holda σ konfiguratsiya H gamiltonianga asosiy holat deyiladi.

Quyudagicha belgilashlarni kiritamiz:

$$A_m = \{(J, \alpha) \in R^2 | U_m = \min_{1\leq k\leq 8} U_k)$$

Quyudagcha hisob kitoblar olib boramiz.

$A_1 = \{U_1 \leq U_i \; i \neq 1, \overline{i = 1{,}8}\}$

$$\begin{cases} U_1 \leq U_2 \\ U_1 \leq U_3 \\ U_1 \leq U_4 \\ U_1 \leq U_5 \\ U_1 \leq U_6 \\ U_1 \leq U_7 \\ U_1 \leq U_8 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{3}{2}J + \alpha \leq \frac{1}{2}J + \alpha \\ \frac{3}{2}J + \alpha \leq -\frac{1}{2}J + \alpha \\ \frac{3}{2}J + \alpha \leq -\frac{3}{2}J + \alpha \\ \frac{3}{2}J + \alpha \leq -\frac{3}{2}J - \alpha \\ \frac{3}{2}J + \alpha \leq \frac{1}{2}J - \alpha \\ \frac{3}{2}J + \alpha \leq -\frac{1}{2}J - \alpha \\ \frac{3}{2}J + \alpha \leq \frac{3}{2}J - \alpha \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} J \leq 0 \\ J \leq 0 \\ J \leq 0 \\ J \leq -\frac{2}{3}\alpha \\ J \leq -2\alpha \\ J \leq -\alpha \\ \alpha \leq 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} J \leq 0 \\ \alpha \leq 0 \end{cases}$$

Bundan A_1 to‘plam quyudagidan iborat:

$$A_1 = \{(J, \alpha) \in R^2 : J \leq 0, \alpha \leq 0\}.$$

Endi A_2 to‘plamni topamiz:

$A_2 = \{U_2 \leq U_i \; i \neq 2, \overline{i = 1{,}8}\}$

$$\begin{cases} U_2 \le U_1 \\ U_2 \le U_3 \\ U_2 \le U_4 \\ U_2 \le U_5 \\ U_2 \le U_6 \\ U_2 \le U_7 \\ U_2 \le U_8 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{1}{2}J+\alpha \le \frac{3}{2}J+\alpha \\ \frac{1}{2}J+\alpha \le -\frac{1}{2}J+\alpha \\ \frac{1}{2}J+\alpha \le -\frac{3}{2}J+\alpha \\ \frac{1}{2}J+\alpha \le -\frac{3}{2}J-\alpha \\ \frac{1}{2}J+\alpha \le \frac{1}{2}J-\alpha \\ \frac{1}{2}J+\alpha \le -\frac{1}{2}J-\alpha \\ \frac{1}{2}J+\alpha \le \frac{3}{2}J-\alpha \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} J \ge 0 \\ J \le 0 \\ J \ge 0 \\ J \le -\alpha \\ \alpha \le 0 \\ J \le -2\alpha \\ J \ge 2\alpha \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} J=0 \\ \alpha \le 0 \end{cases}$$

Bundan A_2 to‘plam quyudagidan ekan:

$$A_2 = \{(J,\alpha) \in R^2 : J = 0, \alpha \le 0\}.$$

Endi A_3 to‘plamni topamiz:

$$A_3 = \{U_3 \le U_i \; i \ne 3, \overline{i = 1{,}8}\}$$

$$\begin{cases} U_3 \le U_1 \\ U_3 \le U_2 \\ U_3 \le U_4 \\ U_3 \le U_5 \\ U_3 \le U_6 \\ U_3 \le U_7 \\ U_2 \le U_8 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} -\frac{1}{2}J+\alpha \le \frac{3}{2}J+\alpha \\ -\frac{1}{2}J+\alpha \le \frac{1}{2}J+\alpha \\ -\frac{1}{2}J+\alpha \le -\frac{3}{2}J+\alpha \\ -\frac{1}{2}J+\alpha \le -\frac{3}{2}J-\alpha \\ -\frac{1}{2}J+\alpha \le \frac{1}{2}J-\alpha \\ -\frac{1}{2}J+\alpha \le -\frac{1}{2}J-\alpha \\ -\frac{1}{2}J+\alpha \le \frac{3}{2}J-\alpha \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} J \ge 0 \\ J \ge 0 \\ J \le 0 \\ J \le -2\alpha \\ J \ge 2\alpha \\ \alpha \le 0 \\ J \ge \alpha \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} J=0 \\ \alpha \le 0 \end{cases}$$

Bundan A_3 to‘plam quyudagidan iborat:

$$A_3 = \{(J,\alpha) \in R^2 : J = 0, \alpha \le 0\}.$$

Endi A_4 to‘plamni topamiz:

$$A_4 = \{U_4 \le U_i \; i \ne 4, \overline{i = 1{,}8}\}$$

$$\begin{cases} U_4 \le U_1 \\ U_4 \le U_2 \\ U_4 \le U_3 \\ U_4 \le U_5 \\ U_4 \le U_6 \\ U_4 \le U_7 \\ U_4 \le U_8 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} -\frac{3}{2}J+\alpha \le \frac{3}{2}J+\alpha \\ -\frac{3}{2}J+\alpha \le \frac{1}{2}J+\alpha \\ -\frac{3}{2}J+\alpha \le -\frac{3}{2}J+\alpha \\ -\frac{3}{2}J+\alpha \le -\frac{1}{2}J-\alpha \\ -\frac{3}{2}J+\alpha \le \frac{1}{2}J-\alpha \\ -\frac{3}{2}J+\alpha \le -\frac{1}{2}J-\alpha \\ -\frac{3}{2}J+\alpha \le \frac{3}{2}J-\alpha \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} J \ge 0 \\ J \ge 0 \\ J \ge 0 \\ \alpha \le 0 \\ J \ge \alpha \\ J \ge 2\alpha \\ J \ge \frac{2}{3}\alpha \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} J \ge 0 \\ \alpha \le 0 \end{cases}$$

Bundan A_4 to‘plam quyudagidan iborat:

$$A_4 = \{(J,\alpha) \in R^2 : J \geq 0, \alpha \leq 0\}.$$

Endi A_5 to‘plamni topamiz:

$$A_5 = \{U_5 \leq U_i \; i \neq 5, \overline{i = 1{,}8}\}$$

$$\begin{cases} U_5 \leq U_1 \\ U_5 \leq U_2 \\ U_5 \leq U_3 \\ U_5 \leq U_4 \\ U_5 \leq U_6 \\ U_5 \leq U_7 \\ U_5 \leq U_8 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} -\frac{3}{2}J - \alpha \leq \frac{3}{2}J + \alpha \\ -\frac{3}{2}J - \alpha \leq \frac{1}{2}J + \alpha \\ -\frac{3}{2}J - \alpha \leq -\frac{1}{2}J + \alpha \\ -\frac{3}{2}J - \alpha \leq -\frac{3}{2}J + \alpha \\ -\frac{3}{2}J - \alpha \leq \frac{1}{2}J - \alpha \\ -\frac{3}{2}J - \alpha \leq -\frac{1}{2}J - \alpha \\ -\frac{3}{2}J - \alpha \leq \frac{3}{2}J - \alpha \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} J \geq -\frac{2}{3}\alpha \\ J \geq -\alpha \\ J \geq -2\alpha \\ \alpha \geq 0 \\ J \geq 0 \\ J \geq 0 \\ J \geq 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} J \geq 0 \\ \alpha \geq 0 \end{cases}$$

Bundan A_5 to‘plam quyudagidan iborat:

$$A_5 = \{(J,\alpha) \in R^2 : J \geq 0, \alpha \geq 0\}.$$

Endi A_6 to‘plamni topamiz:

$$A_6 = \{U_6 \leq U_i \; i \neq 6, \overline{i = 1{,}8}\}$$

$$\begin{cases} U_6 \leq U_1 \\ U_6 \leq U_2 \\ U_6 \leq U_3 \\ U_6 \leq U_4 \\ U_6 \leq U_5 \\ U_6 \leq U_7 \\ U_6 \leq U_8 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{1}{2}J - \alpha \leq \frac{3}{2}J + \alpha \\ \frac{1}{2}J - \alpha \leq \frac{1}{2}J + \alpha \\ \frac{1}{2}J - \alpha \leq -\frac{1}{2}J + \alpha \\ \frac{1}{2}J - \alpha \leq -\frac{3}{2}J + \alpha \\ \frac{1}{2}J - \alpha \leq -\frac{3}{2}J - \alpha \\ \frac{1}{2}J - \alpha \leq -\frac{1}{2}J - \alpha \\ \frac{1}{2}J - \alpha \leq \frac{3}{2}J - \alpha \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} J \geq -2\alpha \\ \alpha \geq 0 \\ J \leq 2\alpha \\ J \leq \alpha \\ J \leq 0 \\ J \leq 0 \\ J \geq 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} J = 0 \\ \alpha \geq 0 \end{cases}$$

Bundan A_6 to‘plam quyudagidan iborat:

$$A_6 = \{(J,\alpha) \in R^2 : J = 0, \alpha \geq 0\}.$$

Endi A_7 to‘plamni topamiz:

$$A_7 = \{U_7 \leq U_i \; i \neq 7, \overline{i = 1{,}8}\}$$

$$\begin{cases} U_7 \le U_1 \\ U_7 \le U_2 \\ U_7 \le U_3 \\ U_7 \le U_4 \\ U_7 \le U_5 \\ U_7 \le U_6 \\ U_7 \le U_8 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} -\frac{1}{2}J - \alpha \le \frac{3}{2}J + \alpha \\ -\frac{1}{2}J - \alpha \le \frac{1}{2}J + \alpha \\ -\frac{1}{2}J - \alpha \le -\frac{1}{2}J + \alpha \\ -\frac{1}{2}J - \alpha \le -\frac{3}{2}J + \alpha \\ -\frac{1}{2}J - \alpha \le -\frac{3}{2}J - \alpha \\ -\frac{1}{2}J - \alpha \le \frac{1}{2}J - \alpha \\ -\frac{1}{2}J - \alpha \le \frac{3}{2}J - \alpha \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} J \ge -\alpha \\ J \ge -2\alpha \\ \alpha \ge 0 \\ J \le 2\alpha \\ J \le 0 \\ J \le 0 \\ J \ge 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} J = 0 \\ \alpha \ge 0 \end{cases}$$

Bundan A_7 to‘plam quyudagidan iborat:

$$A_7 = \{(J, \alpha) \in R^2 : J = 0, \alpha \ge 0\}.$$

Endi A_8 to‘plamni topamiz:

$$A_8 = \{U_8 \le U_i \ \overline{i = 1,7}\}$$

$$\begin{cases} U_8 \le U_1 \\ U_8 \le U_2 \\ U_8 \le U_3 \\ U_8 \le U_4 \\ U_8 \le U_5 \\ U_8 \le U_6 \\ U_8 \le U_7 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{3}{2}J - \alpha \le \frac{3}{2}J + \alpha \\ \frac{3}{2}J - \alpha \le \frac{1}{2}J + \alpha \\ \frac{3}{2}J - \alpha \le -\frac{1}{2}J + \alpha \\ \frac{3}{2}J - \alpha \le -\frac{3}{2}J + \alpha \\ \frac{3}{2}J - \alpha \le -\frac{3}{2}J - \alpha \\ \frac{3}{2}J - \alpha \le \frac{1}{2}J - \alpha \\ \frac{3}{2}J - \alpha \le -\frac{1}{2}J - \alpha \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \alpha \ge 0 \\ J \ge 2\alpha \\ J \ge \alpha \\ J \ge \frac{2}{3}\alpha \\ J \le 0 \\ J \le 0 \\ J \le 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} J \le 0 \\ \alpha \ge 0 \end{cases}$$

Bundan A_8 to‘plam quyudagidan iborat:

$$A_8 = \{(J, \alpha) \in R^2 : J \le 0, \alpha \ge 0\}.$$

Hisob kitoblar A_m to‘plam quyudagicha bo‘lishini ko‘rsatadi:

$$A_1 = \{(J, \alpha) \in R^2 : J \le 0, \alpha \le 0\}.$$
$$A_2 = \{(J, \alpha) \in R^2 : J = 0, \alpha \le 0\}.$$
$$A_3 = \{(J, \alpha) \in R^2 : J = 0, \alpha \le 0\}.$$
$$A_4 = \{(J, \alpha) \in R^2 : J \ge 0, \alpha \le 0\}.$$
$$A_5 = \{(J, \alpha) \in R^2 : J \ge 0, \alpha \ge 0\}.$$
$$A_6 = \{(J, \alpha) \in R^2 : J = 0, \alpha \ge 0\}.$$
$$A_7 = \{(J, \alpha) \in R^2 : J = 0, \alpha \ge 0\}.$$
$$A_8 = \{(J, \alpha) \in R^2 : J \le 0, \alpha \ge 0\}.$$

Ushbu ko‘rinishdagi

$$C_i = \{\sigma_b : U(\sigma_b) = U_i \ \overline{i = 1,8}\}$$

C_i −sinflarni qaraymiz.

Quyudagi belgilashlarni kiritamiz:

$$B_1 = \{A_i \cap A_j, i, j = 1,2,3,4\ i \neq j\}\ B_2 = \{A_4 \cap A_5\}$$
$$B_3 = \{A_i \cap A_j, i, j = 5,6,7,8\ i \neq j\}\ B_4 = \{A_1 \cap A_8\}$$

Har bir $A_i, A_j, i \neq j$ uchun quyudagi bilgilashlarni kiritamiz.

$$N_\Psi(\sigma_b) = |\{j: \sigma \in C_j\}|$$

Limma 1.1.1 Har qanday $b \in M$ va σ_b uchun

$$N_\text{J}(\sigma_b) = \begin{cases} 8, agar\ \Psi = (0,0) \\ 4, agar\ \Psi = \bigcup_{i=1}^{4} \text{B}_i \backslash (0,0) \\ 1,\ aks\ holda \end{cases}$$

$GS(H)$ −Hamltonoaning barcha asosiy holatlarning to‘plami bo‘lsin.

Teorema 1.1.1. Agar $\Psi \in B_2$ bo‘lsa, u holda kamida sanoqli sonda davriy bo‘lmagan asosiy holat mavjud.

Izoh . Agar $J = 0. \alpha = 0$ bo‘lsa $GS(H) = \Omega$

Adabiyotlar.

1. U.A.Rozikov. A Constructive Deseription of Ground States and Gibbs Measures for Ising Model With Two-Step Interactions on Cayley Trees, Journal of Statistical Physics, Vol.122, No.2, 2006.
2. U.A.Rozikov. Gibbs Measures on Cayley Trees, World Scientific, Haversack 2013.
3. Rahmatullaev M., Rasulova M. Periodic and Weakly Periodic Ground States for the Potts Model with Competing Interactions on the Cayley Tree Siberian Advances in Mathematics, 2016, Vol. 26, No. 3, pp. 215-229.
4. Н. Н. Ганиходжаев, У. А. Розиков. О периодических гиббсовских распределениях модели Изинга на решетке Бете. Узматжур. 1995 №4. С.12-2.

ATROF-MUHIT MONITORINGINING MATEMATIK USULLARI

Bahtiyor Iskandarovich Ashurov

Pedagogy of Lifelong Education, Oriental University, Samarkand 140100, Uzbekistan;

Annotatsiya. Atrof-muhit monitoringi tabiiy muhit holatini kuzatish, ifloslantiruvchi moddalar tarqalishini baholash va ekologik xavflarni oldindan aytishda muhim ahamiyatga ega. Bu jarayonda olingan kuzatuv ma’lumotlari ko‘p omilli, tasodifiy va fazoviy-vaqtinchalik xususiyatga ega bo‘lgani uchun ularni tahlil qilishda matematik usullar asosiy rol o‘ynaydi. Mazkur tezisda atrof-muhit monitoringida qo‘llaniladigan asosiy matematik yondashuvlar, ularning imkoniyatlari va amaliy ahamiyati tahlil qilinadi.

Kalit so‘zlar: atrof-muhit monitoringi, matematik modellashtirish, matematik statistika, regressiya tahlili, vaqt qatorlari, kriging, Kalman filtri, optimallashtirish, differensial tenglamalar.

Kirish. Hozirgi kunda ekologik monitoring tizimlari havo, suv, tuproq va boshqa muhit komponentlari bo‘yicha katta hajmdagi ma’lumotlarni to‘playdi. Bu ma’lumotlarni oddiy kuzatish orqali emas, balki matematik modellashtirish, statistik tahlil va prognozlash usullari yordamida samarali qayta ishlash talab etiladi. Shu sababli atrof-muhit monitoringining matematik usullarini o‘rganish dolzarb masalalardan biri hisoblanadi.

Asosiy qism. Atrof-muhit monitoringida quyidagi matematik usullar keng qo‘llaniladi:

1. **Matematik statistika va ehtimollar nazariyasi.** Kuzatuv ma’lumotlarining o‘rtacha qiymati, dispersiyasi, korrelyatsiyasi va ishonch intervallari baholanadi. Ifloslanish darajasini tasniflashda ehtimollik taqsimotlari qo‘llaniladi.

2. **Regressiya va korrelyatsion tahlil.** Ifloslantiruvchi moddalar konsentratsiyasi bilan meteorologik omillar o‘rtasidagi bog‘liqlik quyidagicha modellashtiriladi:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) + \varepsilon$$

bu yerda y – ifloslanish darajasi, x_i – ta’sir etuvchi omillar, ε – tasodifiy xatolik.

3. **Vaqt qatorlari tahlili.** ARIMA, eksponensial silliqlash va spektral tahlil usullari yordamida ifloslanishning vaqt bo‘yicha o‘zgarishi prognozlanadi.

4. **Geostatistika va kriging.** Fazoviy ma’lumotlarni interpolyatsiya qilish uchun kriging usuli qo‘llaniladi:

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i Z(s_i), \quad \sum_{i=1}^{n} \lambda_i = 1.$$

Bu usul havo va suv ifloslanishini fazoviy xaritalashda samaralidir.

5. **Kalman filtri.** Dinamik tizim holatini real vaqt rejimida baholash uchun qo‘llaniladi:

$$x_k = F_k x_{k-1} + B_k u_k + w_k,$$

$$z_k = H_k x_k + v_k.$$

Bu usul monitoring stansiyalaridan kelayotgan ma’lumotlarni uzluksiz yangilab borishga imkon beradi.

6. **Differensial tenglamalar.** Ifloslantiruvchi moddalarning atmosfera yoki suvda tarqalishi diffuziya tenglamasi orqali modellashtiriladi:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \nabla \cdot (D \nabla C) - v \cdot \nabla C + S - R.$$

Bu yerda C – modda konsentratsiyasi, D – diffuziya koeffitsiyenti, v – oqim tezligi, S – manba, R – yo‘qolish.

7. **Optimallashtirish usullari.** Monitoring stansiyalarini optimal joylashtirish, kuzatuv xarajatlarini kamaytirish va model parametrlarini baholashda qo‘llaniladi:

$$\min_x \sum_{i=1}^{n} \left(C_i^{obs} - C_i^{model}\right)^2 + \lambda R(x).$$

Natijalar. Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, matematik usullar atrof-muhit monitoringida quyidagi imkoniyatlarni beradi:

- kuzatuv ma’lumotlarini aniqroq tahlil qilish;
- ifloslanishning fazoviy va vaqtinchalik tarqalishini modellashtirish;
- ekologik holatni qisqa va uzoq muddatli prognozlash;
- monitoring tarmog‘ini optimallashtirish;
- qaror qabul qilish uchun ishonchli miqdoriy asos yaratish.

Xulosa. Atrof-muhit monitoringining matematik usullari ekologik ma’lumotlarni chuqur tahlil qilish, modellashtirish va prognozlashda muhim vosita hisoblanadi. Matematik statistika, vaqt qatorlari, geostatistika, Kalman filtri, differensial tenglamalar va optimallashtirish usullaridan kompleks foydalanish monitoring samaradorligini oshiradi hamda ekologik xavfsizlikni ta’minlashda amaliy ahamiyat kasb etadi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. O‘zbekiston Respublikasi Ekologiya va atrof-muhitni muhofaza qilish sohasidagi normativ hujjatlari.
2. Gnedenko B.V. Ehtimollar nazariyasi kursi.
3. Box G.E.P., Jenkins G.M. Time Series Analysis.
4. Cressie N. Statistics for Spatial Data.

XIZMAT KO‘RSATISH SOHASINI YASHIL VA INNOVATSION IQTISODIYOT TAMOYILLARI ASOSIDA BARQAROR RIVOJLANTIRISH YO‘NALISHLARI

Inoyatov Q.Y. SamISI
oliy matematika kafedrasi o‘qituvchisi

Annotatsiya: Ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi xizmat ko‘rsatish sohasini yashil va innovatsion iqtisodiyot tamoyillari asosida barqaror rivojlantirishning nazariy-uslubiy asoslarini ishlab chiqish hamda amaliy yo‘nalishlarini aniqlashdan iborat. Tadqiqotda tizimli tahlil, iqtisodiy-statistik usullar, korrelyatsion-regression modellashtirish, qiyosiy tahlil hamda ekspert baholash metodlaridan foydalanildi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, yashil investitsiyalar

hajmining 1% ga oshishi xizmat ko‘rsatish sohasida qo‘shilgan qiymatning o‘rtacha 0.42% ga oshishiga olib keladi. Tadqiqotda xizmat ko‘rsatish sektorining yashil transformatsiyasi uchun integratsiyalashgan “Yashil-innovatsion rivojlanish modeli” taklif qilindi. Natijalar davlat siyosatida yashil xizmatlar klasterini shakllantirish, ekologik soliqlarni rag‘batlantirish instrumentiga aylantirish hamda yashil moliyalashtirish mexanizmlarini kengaytirish zarurligini ko‘rsatadi.Tadqiqot makro darajadagi ma’lumotlar asosida amalga oshirilgan bo‘lib, mikro darajadagi tarmoqlar kesimida chuqurroq empirik tahlillar kelgusidagi tadqiqotlar uchun dolzarb hisoblanadi.

Kalit so‘zlar: Yashil iqtisodiyot, innovatsion rivojlanish, xizmat ko‘rsatish sohasi, yashil investitsiyalar, raqamli transformatsiya, ekologik samaradorlik, yashil moliyalashtirish, integratsiyalashgan rivojlanish modeli, ESG standartlari

Kirish: So‘nggi yillarda global iqtisodiyotda barqaror rivojlanish konsepsiyasi markaziy o‘rin egallamoqda. Iqlim o‘zgarishi, tabiiy resurslarning cheklanganligi, ekologik muvozanatning buzilishi va urbanizatsiya jarayonlarining jadallashuvi iqtisodiyotning barcha tarmoqlarida transformatsiyani talab etmoqda. Xizmat ko‘rsatish sohasi bugungi kunda yalpi ichki mahsulotning asosiy qismini shakllantiruvchi va bandlikni ta’minlovchi yetakchi sektor hisoblanadi. Shu bois, ushbu sohani yashil va innovatsion iqtisodiyot tamoyillari asosida rivojlantirish strategik ahamiyat kasb etadi [1].

Yashil iqtisodiyot atrof-muhitga salbiy ta’sirni minimallashtirish, resurslardan samarali foydalanish va past uglerodli rivojlanishni ta’minlashga qaratilgan. Innovatsion iqtisodiyot esa bilim, texnologiya va raqamli transformatsiya asosida raqobatbardoshlikni oshirishni nazarda tutadi. Ushbu ikki yo‘nalishning integratsiyasi xizmat ko‘rsatish sohasida ekologik xavfsizlikni ta’minlash bilan birga yuqori qo‘shilgan qiymat yaratish imkonini beradi [2]. Xizmat sektorining yashil transformatsiyasi turizm, transport, savdo, moliyaviy xizmatlar, axborot texnologiyalari kabi yo‘nalishlarda energiya tejamkor texnologiyalarni joriy etish, chiqindilarni kamaytirish, qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish va raqamli platformalarni kengaytirish orqali amalga oshiriladi. Ayniqsa, raqamlashtirish xizmat ko‘rsatish jarayonlarini optimallashtirib, resurs sarfini kamaytiradi va ekologik izni qisqartiradi [3].

Shu bilan birga, xizmat ko‘rsatish sohasida yashil innovatsiyalarni joriy etish uchun institutsional mexanizmlarni takomillashtirish, moliyaviy rag‘batlantirish tizimini yaratish hamda inson kapitalini rivojlantirish muhim omil hisoblanadi. Davlat tomonidan yashil investitsiyalarni qo‘llab-quvvatlash, ekologik standartlarni joriy etish va innovatsion startaplarni moliyalashtirish orqali barqaror o‘sishga erishish mumkin [4]. Mazkur maqolada xizmat ko‘rsatish sohasini yashil va innovatsion iqtisodiyot tamoyillari asosida rivojlantirishning nazariy asoslari tahlil qilinadi, empirik modellashtirish orqali asosiy omillar aniqlanadi hamda amaliy tavsiyalar ishlab chiqiladi [5].

Metadalogiya: Tadqiqotda aralash metodologik yondashuv qo‘llanildi. Birinchi bosqichda tizimli va qiyosiy tahlil asosida yashil iqtisodiyot va innovatsion rivojlanish konsepsiyalarining nazariy asoslari o‘rganildi. Ikkinchi bosqichda 2015–2024 yillar davomida xizmat ko‘rsatish sohasining statistik ma’lumotlari asosida ekonometrik tahlil amalga oshirildi.

Korrelyatsion tahlil yordamida yashil investitsiyalar (GI), raqamli rivojlanish indeksi (DI) va xizmat ko‘rsatish sohasining qo‘shilgan qiymati (SV) o‘rtasidagi bog‘liqlik aniqlangan:

$$SV = \beta_0 + \beta_1 GI + \beta_2 DI + \varepsilon$$

Regression modeli OLS usulida baholandi. Determinatsiya koeffitsienti (R^2), Fisher testi va Student t-statistikasi yordamida modelning ishonchliligi tekshirildi.

Shuningdek, integratsiyalashgan Yashil-Innovatsion Rivojlanish Indeksi (YIRI) quyidagicha hisoblandi:

$$YIRI = \alpha_1 E + \alpha_2 D + \alpha_3 I$$

Bu yerda: E – ekologik samaradorlik ko‘rsatkichi D – raqamli rivojlanish darajasi

I – innovatsion faollik indeksi

Ekspert baholash orqali koeffitsientlar aniqlashtirildi.

Natija va Tahlil

Ushbu jadvalda xizmat ko‘rsatish sohasining qo‘shilgan qiymatiga (SV) yashil investitsiyalar (GI) va raqamli rivojlanish indeksi (DI) ta’sirini baholash uchun tuzilgan ko‘p omilli regressiya modeli natijalari keltirilgan. Model OLS (Ordinary Least Squares) usuli asosida 2015–2024 yillar kesimidagi makroiqtisodiy ma’lumotlar asosida hisoblangan [6].

Table 1. Regression natijalari

Ko‘rsatkich	Koeffitsient	t-stat	p-value
GI	0.42	4.87	0.001
DI	0.36	3.95	0.003
R^2	0.68	-	-

(Manba: World Bank – World Development Indicators (WDI), 2015–2024)

Natijalarga ko‘ra modelning aniqlik darajasi 68% ni tashkil etdi.

Mazkur rasmda 2015-2024 yillar davomida yashil investitsiyalar (GI) hajmi va xizmat ko‘rsatish sohasining o‘sish sur’atlari (SV growth rate) o‘rtasidagi dinamik bog‘liqlik tasvirlangan. Grafikda vaqt o‘qi bo‘yicha ikki ko‘rsatkichning parallel o‘sish tendensiyasi kuzatiladi [7].

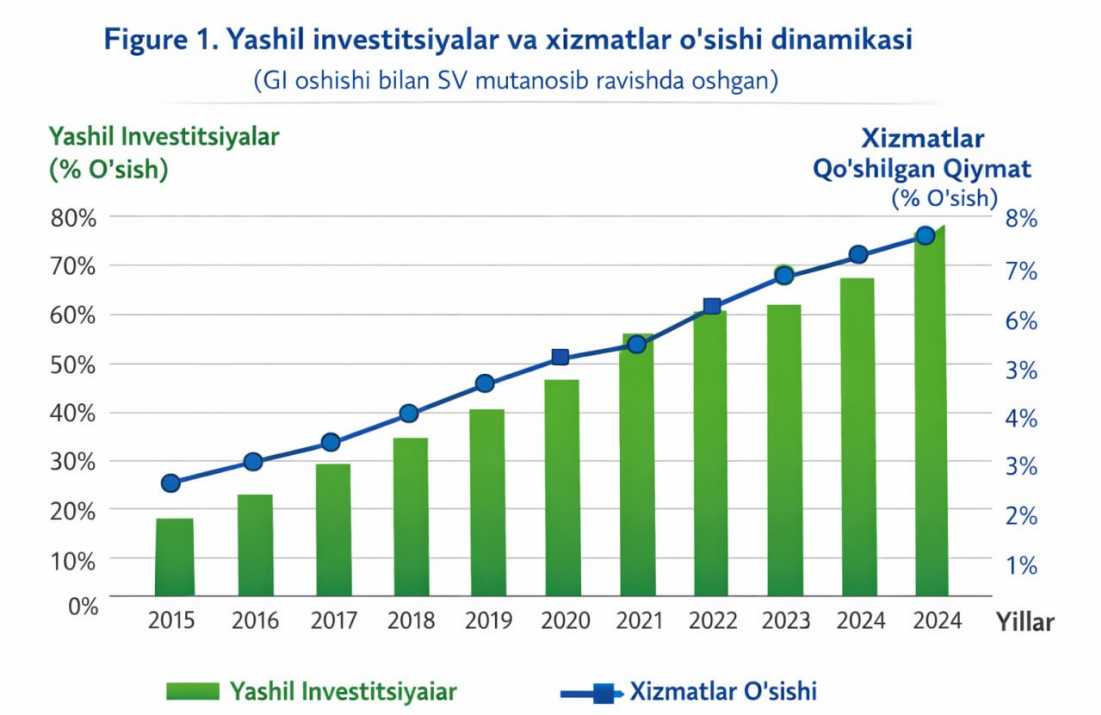


Figure 1. Yashil investitsiyalar va xizmatlar o‘sishi dinamikasi

(Manba: OECD Green Growth Indicators Database (Green investment indicators))

Olingan natijalar xizmat ko‘rsatish sohasining yashil va innovatsion transformatsiyasi iqtisodiy o‘sish bilan bevosita bog‘liqligini tasdiqlaydi [8]. Yashil investitsiyalar hajmining oshishi xizmatlar sektorida resurslardan samarali foydalanish va energiya tejamkor texnologiyalarni joriy etish orqali qo‘shilgan qiymatning ortishiga xizmat qilmoqda [9].

Raqamli transformatsiya ham muhim omil sifatida namoyon bo‘ldi. Raqamli xizmatlar, elektron savdo va fintech platformalarining kengayishi operatsion xarajatlarni kamaytirib, ekologik samaradorlikni oshirmoqda. Model natijalari davlat siyosatida yashil moliyalashtirish mexanizmlarini kengaytirish zarurligini ko‘rsatadi [10].

Xulosa

Tadqiqot natijalari xizmat ko‘rsatish sohasini yashil va innovatsion iqtisodiyot tamoyillari asosida rivojlantirish barqaror iqtisodiy o‘sishning muhim omili ekanligini tasdiqladi. Empirik tahlil yashil investitsiyalar va raqamlashtirish darajasi xizmat sektorining qo‘shilgan qiymatiga ijobiy ta’sir ko‘rsatishini ko‘rsatdi. Taklif etilgan Yashil-Innovatsion Rivojlanish Indeksi sektorni kompleks baholash imkonini beradi. Davlat siyosatida yashil kreditlar, ekologik subsidiyalar va innovatsion grant dasturlarini kengaytirish zarur. Shuningdek, xizmat ko‘rsatish korxonalarida ESG standartlarini joriy etish barqarorlikni mustahkamlaydi. Kelgusida mikro darajadagi tarmoqlar kesimida chuqur empirik tahlillar o‘tkazish maqsadga muvofiq.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati:

[1] “QORAQALPOG‘ISTON RESPUBLIKASIDA XIZMAT KO‘RSATISH SOHASIDA SIFATNI OSHIRISH TIZIMIGA INNOVATSIYALARNI JORIY ETISH USLUBIYOTI TAHLILI”, AFA, vol. 4, no. 10, pp. 445–450, Nov. 2024, doi: 10.55439/AFA/vol4_iss10/748.

[2] Asel, A. (2026). INNOVATSION IQTISODIYOTGA O ‘TISH SHAROITIDA XIZMATLAR KO ‘RSATISH SOHASIDA KICHIK BIZNES VA XUSUSIY TADBIRKORLIK SUBYEKTLARINING IQTISODIY SAMARADORLIGINI OSHIRISH YO ‘NALISHLARI. FORMATION OF PSYCHOLOGY AND PEDAGOGY AS INTERDISCIPLINARY SCIENCES, 4(48), 409-413.

[3] Xayrullaxon, S. (2026). BARQAROR RIVOJLANISH TAMOYILLARI ASOSIDA NAMANGAN VILOYATIDA EKO VA TOG ‘TURIZMINI RIVOJLANTIRISHNING TASHKILIY-IQTISODIY MEXANIZMLARINI TAKOMILLASHTIRISH. Introduction of new innovative technologies in education of pedagogy and psychology, 3(1), 1-3.

[4] Xusanova, G. Nodavlat Notijorat Tashkilotlar Faoliyatini Moliyaviy Qo‘llab-quvvatlash Mexanizmlarini Takomillashtirish. Green Economy and Development, 3(12), 668535.

[5] Melikov, O. Tijorat Banklarining Kichik Biznes Subyektlari Faoliyatini Kreditlash Amaliyotini Rivojlantirish Yo ‘llari. Green Economy and Development, 3(12), 668441.

[6] S. Ahmad et al., “ICT and environmental sustainability,” *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 2022, doi:10.1007/s11356-022-19034-7.

[7] J. Li et al., “Sustainable service ecosystem model,” *Sustain. Dev.*, 2023, doi:10.1002/sd.2405.

[8] R. Smith et al., “Green finance and service industries,” *Finance Res. Lett.*, 2021, doi:10.1016/j.frl.2021.102381.

[9] P. Kumar et al., “Digital economy and sustainability,” *J. Environ. Manage.*, 2022, doi:10.1016/j.jenvman.2022.115451.

[10] T. Nguyen et al., “Service sector decarbonization pathways,” *Energy Policy*, 2023, doi:10.1016/j.enpol.2023.113279.

ATROF-MUHIT MONITORINGIDA FAZOVIY-STATISTIK USULLARNI QO‘LLASH

Salimov Esanjon Xusen o‘g‘li
SamISI Oliy matematika kafedrasi dotsenti v.b., PhD

Annotatsiya: Maqolada ekologik monitoring natijalarini fazoviy-statistik usullar yordamida tahlil qilish, kuzatuv nuqtalarini oqilona joylashtirish va hududiy ekologik xavflarni aniqlash yondashuvlari yoritiladi. Usullar: Tadqiqot nazariy-analitik va fazoviy-statistik yondashuvga asoslandi. Natijalar: Natijada

fazoviy monitoring uchun ma’lumotlarni tayyorlash, fazoviy bog‘liqlikni tekshirish, kriging va noaniqlik xaritasini birlashtiruvchi metodik ketma-ketlik shakllantirildi. Xulosa: taklif etilgan yondashuvni mahalliy ekologik ma’lumotlar bilan sinovdan o‘tkazish tavsiya etiladi.

Kalit so‘zlar: ekologik monitoring, fazoviy statistika, GIS, kriging, indikator, ekologik xavf.

Kirish: Atrof-muhit holati hududlar, mavsumlar va antropogen bosimga qarab o‘zgaradi. Shu sababli bir necha nuqtada o‘lchangan natijani butun viloyat yoki shahar uchun umumlashtirishda fazoviy farqlarni hisobga olish zarur. Samarali monitoring faqat ko‘rsatkichlarni yig‘ish bilan cheklanmaydi: o‘lchovlar qayerda va qachon olinishi, xatolik qanday baholanishi hamda natija boshqaruv qaroriga qanday aylanishi oldindan belgilanadi. O‘zbekiston ekologik o‘zgarishlar atlasi ko‘p yillik tarixiy va sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlaridan foydalanadi (UNEP, 2025).

Tadqiqot metodologiyasi: Tadqiqot nazariy-analitik va fazoviy-statistik yondashuvga asoslandi. Ekologik monitoring ko‘rsatkichlari va GIS qatlamlarini bir tizimda ifodalash prinsiplari tahlil qilindi. Tahlil bosqichlari sifatida kuzatuv ma’lumotlarini tekshirish, fazoviy bog‘liqlikni baholash, variogramma tuzilishini tanlash va kriging natijalarining noaniqligini ko‘rsatish belgilandi. Maqola doirasida yangi dala o‘lchovlari o‘tkazilmagan; shu bois tavsiyalar konseptual metodik yechim sifatida beriladi va mahalliy ma’lumotlar bilan sinovdan o‘tkazilishi lozim.

Tadqiqot yondashuvi: Monitoring uchun havo sifati, suvning fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlari, tuproq sho‘rlanishi yoki yashil qoplama kabi indikatorlardan biri tanlanadi. Dastlab kuzatuv nuqtalari koordinatalari yagona GIS qatlamiga kiritilib, nuqtalarning balandlik, transport, sanoat manbalari va aholi zichligiga nisbatan joylashuvi tekshiriladi. Ma’lumotlar vaqt belgisi, o‘lchov birligi, asbob turi va sifat nazorati holati bilan saqlanishi kerak. Yetishmayotgan qiymatlarni to‘ldirishdan oldin ularning sababi aniqlanadi; o‘lchov xatosi va haqiqiy ekstremal holatni aralashtirib yubormaslik muhim.

Natijalar: Natijada fazoviy monitoring uchun ma’lumotlarni tayyorlash, fazoviy bog‘liqlikni tekshirish, kriging va noaniqlik xaritasini birlashtiruvchi metodik ketma-ketlik shakllantirildi.

Fazoviy tahlil: Ko‘rsatkichlar taqsimoti avval tavsifiy statistika va xaritalar orqali ko‘riladi. Nuqtalar o‘rtasida fazoviy bog‘liqlik mavjudligini Moran indeksi yoki yarimvariogramma yordamida tekshirish mumkin. Agar yaqin nuqtalardagi qiymatlar o‘xshash bo‘lsa, kriging kuzatilmagan joylar uchun baho beradi va bahoning noaniqlik xaritasini ham chiqaradi. Bu yondashuv oddiy masofa bo‘yicha interpolatsiyadan farqli ravishda kuzatuv ma’lumotlarining fazoviy tuzilishini hisobga oladi. Biroq kriging natijasi o‘lchovlarning zichligi va tanlangan variogramma modeliga bog‘liq; shu bois xarita to‘g‘ridan-to‘g‘ri o‘lchov o‘rnini bosmaydi.

Natijalarni talqin qilish: Ekologik holatni bitta indeksga jamlash qulay,

ammo ayrim muhim farqlarni yashirishi mumkin. Masalan, suvdagi o‘rtacha ko‘rsatkich me’yorga yaqin bo‘lsa ham, alohida nuqtalarda qisqa muddatli ifloslanish kuzatilishi ehtimoli bor. Shuning uchun integral indeks bilan birga tarkibiy ko‘rsatkichlar, vaqt qatori va ishonch oralig‘i ham e’lon qilinishi lozim. Ma’lumotlar manbai, aniqlik darajasi, laboratoriya protokoli va qayta ishlash kodi qayd etilsa, natijani takror tekshirish imkoniyati oshadi.

Qo‘llash shartlari va metodik cheklovlar: Amaliy qo‘llashda o‘lchov usullari, birliklar va kalibrlash talablari yagona protokolda belgilanadi. Kuzatuv nuqtalarini yangilashda faqat qulaylik emas, balki tarmoqdagi noaniqlikni kamaytirish va ekologik xavf zonalarini qamrab olish mezoni qo‘llanadi. Xaritada kuzatilgan nuqtalar, interpolatsiya sohasi hamda noaniqlik qatlamlari alohida ko‘rsatilishi kerak. Past ishonchli hududni aniq o‘lchov bilan tenglashtirmaslik natijani noto‘g‘ri talqin qilishning oldini oladi. Har yili yangi ma’lumotlar bilan model qayta tekshiriladi, nuqtalar zichligi va ekstremal qiymatlar bo‘yicha monitoring rejasi yangilanadi.

Amaliy natijalarni baholash: Ushbu yondashuvdan foydalanishda monitoring natijalarini vaqt bo‘yicha taqqoslash imkonini beruvchi indikator pasporti ishlab chiqiladi. Pasportda indikator ta’rifi, birlik, o‘lchash usuli, chegaraviy qiymat, manba va yangilanish oralig‘i ko‘rsatiladi. Har bir hisobotda tanlanma hajmi va ishonch oralig‘i berilishi kuzatuvning qamrovini to‘g‘ri tushunishga yordam beradi. GIS qatlamlari ma’muriy chegaralar va gidrologik havzalar bilan bog‘lanadi. Natijada hududlararo farqni ko‘rsatish bilan birga, ma’lumot yetishmayotgan joylar ham ko‘rinadi. Ushbu tartib keyingi monitoring mablag‘ini dalil asosida taqsimlash uchun asos yaratadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy-amaliy ahamiyati: Kelgusidagi tadqiqotda monitoring tarmog‘ining samaradorligini nuqtalar soni bilangina emas, spatial uncertainty qanchalik kamayganligi va ogohlantirishning qamrovi bilan baholash lozim. Nuqtalarni optimal joylashtirish masalasida yangi stansiya qo‘shilgandagi informatsion yutuq, o‘rnatish xarajati va xizmat ko‘rsatish imkoniyati birgalikda solishtiriladi. Masalan, sanoat ta’siri kuchli, ammo kuzatuv qamrovi past hududga stansiya o‘rnatish ustuvorlik kasb etishi mumkin. Biroq bunday tanlovni asoslash uchun dastlabki nuqtalar ma’lumotlari va hududiy omillar ochiq bo‘lishi zarur. Tarmoqni qayta loyihalashdan oldin mavjud o‘lchovlar mustaqil validatsiya qilinadi. Monitoring hisobotida usul, parametrlar, noaniqlik va qaror mezonlari keltirilsa, boshqa tadqiqotchilar natijani tekshira oladi.

Joriy etish va natijalarni kuzatish: Amaliy reja uch bosqichda tuziladi: ma’lumotlarni standartlash, fazoviy modelni sinash va natijani hududiy boshqaruv rejasiga kiritish. Har bosqichda mas’ul tashkilot va muddati belgilanadi. Sinov davri tugagach, stansiyalar qamrovi, o‘lchovlarning to‘liqligi, xarita noaniqligi va ogohlantirishdan keyingi javob choralari bo‘yicha ko‘rsatkichlar tahlil qilinadi. Ushbu baholash monitoring tizimini keyingi yilga moslashtirish imkonini beradi.

Xulosa va ilmiy-amaliy takliflar: Viloyat va shahar monitoringida

nuqtalarni faqat ma’muriy chegaralar bo‘yicha emas, balki ifloslanish manbalari, shamol yo‘nalishi, suv oqimi va aholi ta’sirini hisobga olgan qatlamli tanlanma asosida joylashtirish tavsiya etiladi. Har bir xaritada kuzatilgan nuqtalar, interpolatsiya maydoni va noaniqlik alohida ko‘rsatilishi kerak. Fazoviy-statistik usullar ekologik kuzatuvni hududiy jihatdan aniqroq qiladi, lekin muntazam o‘lchov va sifat nazoratiga tayangandagina ishonchli qaror vositasiga aylanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar.

1. UNEP. Atlas of Environmental Change of the Republic of Uzbekistan. 2025.

2. UNEP. World Environment Situation Room: Global Environmental Data Strategy. 2021.

3. Cressie, N. Statistics for Spatial Data. Wiley, 1993.

ПРИМЕНЕНИЕ МАТРИЧНЫХ МЕТОДОВ В МАТЕМАТИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Худойбердиев Акмал Умарович
Преподаватель кафедры высшей математики
Самаркандского института экономики и сервиса

Введение: В современных системах экологического мониторинга перед исследователями неизбежно встает задача обработки колоссальных массивов разнородной информации. Состояние атмосферы, гидросферы, почвенного покрова и биоценозов описывается множеством взаимосвязанных параметров. В этих условиях классические скалярные расчеты оказываются неэффективными.

Матричные методы выступают мощным математическим аппаратом, позволяющим компактно представить многомерные экологические данные, смоделировать сложные взаимосвязи в природных комплексах и прогнозировать их реакцию на антропогенную нагрузку. В данной статье подробно рассмотрены основные направления применения матриц в экологическом мониторинге.

1. Пространственный и качественный мониторинг: Матрицы данных и корреляционный анализ

На первом этапе любого экологического мониторинга осуществляется сбор эмпирических данных: замеры концентрации загрязняющих веществ в различных точках наблюдения, определение метеорологических параметров, гидрохимических показателей воды и т.д.

Матрица наблюдений («Объект – Свойство»)

Все собранные данные представляются в виде прямоугольной матрицы X размера m×n, где:

- m – количество точек контроля (станций мониторинга, проб воды/воздуха);

• n – количество контролируемых экологических показателей (например, содержание CO2, SO2, тяжелых металлов, кислотности pH).

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{pmatrix}$$

Корреляционные и ковариационные матрицы

Для выявления скрытых взаимосвязей между различными загрязнителями рассчитывается **матрица парных коэффициентов корреляции** R:

• Элементы этой матрицы показывают степень тесноты связи между загрязняющими веществами. Например, высокая корреляция между определенными типами тяжелых металлов в почве может сигнализировать об общем источнике загрязнения (конкретном промышленном предприятии).

Метод главных компонент (PCA) и факторный анализ

Когда размерность матрицы данных велика (десятки и сотни показателей), применяют факторный анализ на основе спектрального разложения ковариационных матриц. Это позволяет:

• Свернуть многомерное пространство признаков в несколько интегрированных экологических индексов.

• Выделить главные факторы загрязнения (например, отделить автомобильный выброс от промышленного).

2. Мониторинг динамики экосистем и матрица Лесли

Как отмечалось ранее, состояние биоты – важнейший показатель здоровья экосистемы. Изменение возрастной или половой структуры популяций животных и растений-биоиндикаторов отслеживается с помощью **матричных моделей популяционной динамики (матриц Лесли)**.

В задачах мониторинга матричное уравнение популяции записывается так:

$$N(t+1)=L \cdot N(t)$$

• **Применение в мониторинге токсичности:** Если экосистема подвергается хроническому загрязнению (например, пестицидами или нефтепродуктами), коэффициенты выживания si и плодовитости fi в матрице L начинают уменьшаться.

• **Анализ собственных значений:** Экологи вычисляют доминирующее собственное значение матрицы Лесли (коэффициент роста популяции λ). Если $\lambda<1$, модель сигнализирует о неминуемом вымирании вида, что служит ранним индикатором экологического бедствия задолго до того, как сокращение численности станет заметно визуально.

3. Мониторинг трансформации ландшафтов: Марковские цепи и матрицы переходов

Для контроля за деградацией почв, опустыниванием, вырубкой лесов или изменением структуры землепользования активно применяются **марковские цепи**, где матрица вероятностей перехода играет ключевую роль.

Построение матрицы переходов

Пусть территория разбита на категории земель (например: 1 – густые леса, 2 – разреженные леса, 3 – сельскохозяйственные земли, 4 – деградированные/пустые земли). Матрица переходов P размером k×k содержит вероятности p_{ij} того, что категория j за период мониторинга (например, за 10 лет) перейдет в категорию i.

$$|P = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdots & p_{1k} \\ p_{21} & p_{22} & \cdots & p_{2k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{k1} & p_{k2} & \cdots & p_{kk} \end{pmatrix}, \quad \text{где } \sum_{i=1}^{k} p_{ij} = 1$$

Экологический прогноз:

Умножая текущий вектор состояния территории на матрицу переходов (S(t+1)=P·S(t)), органы экологического контроля могут:

- Прогнозировать площади деградированных земель через 20–50 лет при сохранении текущих темпов антропогенной нагрузки.
- Оценивать эффективность природоохранных мероприятий (например, программ лесовосстановления), корректируя коэффициенты матрицы.

4. Мониторинг водных и воздушных бассейнов: Метод конечных элементов

При мониторинге распространения загрязняющих веществ в атмосфере или руслах рек дифференциальные уравнения в частных производных (например, уравнение турбулентной диффузии) на практике решаются численными методами.

- Область загрязнения разбивается на сетку узлов.
- Система дифференциальных уравнений в частных производных преобразуется с помощью метода конечных элементов или конечных разностей в систему линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), которая записывается в компактном матричном виде:

A·C=B

Где:

- A – матрица коэффициентов системы (жесткости/проводимости среды);
- C – искомый вектор концентраций загрязнителей в узлах сетки;
- B – вектор правых частей, учитывающий источники выбросов и граничные условия.

Решение этой матричной системы на компьютере в режиме реального времени позволяет оперативно строить карты загрязнения акваторий и атмосферы городов.

Заключение

Матричные методы пронизывают все уровни современного математического мониторинга окружающей среды – от первичной статистической обработки многомерных рядов наблюдений до сложнейшего прогнозирования сукцессий экосистем и численного моделирования переноса токсичных примесей. Использование матричного аппарата обеспечивает высокую степень автоматизации экологического контроля, позволяя своевременно выявлять критические изменения и принимать обоснованные решения по защите биосферы.

Использованная литература

1. Штильман, М. И., & Левич, А. П. (2018). *Математическое моделирование в экологии и экологическом мониторинге*. Москва: Издательство Московского университета.

2. Лесли, П. (2015). *Матричные модели популяционной динамики*. (Пер. с англ.). Москва: Мир. / Caswell, H. (2001). *Matrix Population Models: Construction, Analysis, and Interpretation* (2nd ed.). Sinauer Associates.

3. Хартман, Э., & Королев, В. Ю. (2020). *Применение марковских цепей и пространственных матриц в задачах землепользования и мониторинга ландшафтов*. *Экологические системы и приборы*, (4), 25–34.

4. Захаров, Ю. Н., & Смирнов, А. В. (2019). *Численные методы и матричные уравнения в задачах переноса загрязняющих веществ в водной и воздушной средах*. Новосибирск: Наука.

ПОЛНОЕ РУКОВОДСТВО: МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

Худойбердиев Акмал Умарович
Преподаватель кафедры высшей математики
Самаркандского института экономики и сервиса

Введение: В эпоху стремительного индустриального развития, урбанизации и глобальных климатических изменений антропогенное давление на биосферу достигло критических масштабов. Традиционные методы экологического контроля, основанные лишь на констатации фактов загрязнения по факту их совершения, больше не отвечают требованиям безопасности. Современный экологический мониторинг представляет собой сложную многоуровневую систему непрерывных наблюдений, анализа и прогноза. Фундаментом этой системы выступают **математические**

методы, среди которых особое место занимают **дифференциальные уравнения**.

Использование математического аппарата позволяет перевести качественные описания природных процессов на язык строгих количественных закономерностей, обеспечивая переход от пассивного наблюдения к активному прогнозированию и управлению экологическими рисками.

1. Теоретические основы экологического мониторинга и математического моделирования

Экологический мониторинг решает задачи сбора, обработки и интерпретации информации о состоянии окружающей среды (атмосферы, гидросферы, литосферы и биосферы). Природные объекты и экосистемы обладают свойствами нелинейности, высокой размерности, инерционности и стохастичности.

Математическая модель экосистемы или процесса загрязнения – это приближенное описание объекта исследования, выраженное с помощью математических символов и знаков. Процесс создания такой модели включает в себя несколько этапов:

1. **Анализ физико-химических и биологических законов**, управляющих процессом (например, законы сохранения массы и энергии, кинетика химических реакций).
2. **Формализация**, заключающаяся в записи этих законов в виде уравнений.
3. **Идентификация параметров** на основе эмпирических данных мониторинга.
4. **Верификация и сценарный прогноз** для оценки возможных будущих состояний системы.

Среди всего многообразия математического инструментария именно дифференциальные уравнения (обыкновенные дифференциальные уравнения – ОДУ, и уравнения в частных производных – УЧП) являются наиболее адекватным языком для описания непрерывного изменения экологических параметров во времени и пространстве.

2. Дифференциальные уравнения в мониторинге и моделировании атмосферы

Загрязнение воздушного бассейна мегаполисов и промышленных зон – одна из острых экологических проблем. Воздушные массы постоянно движутся, а примеси рассеиваются под воздействием турбулентности, ветра и химических превращений.

Уравнение турбулентной диффузии и переноса примесей

Основным инструментом для описания распространения вредных веществ (оксидов азота, серы, угарного газа, сажи) в атмосфере является уравнение в частных производных параболического типа, известное как уравнение турбулентной диффузии (уравнение баланса массы):

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u\frac{\partial C}{\partial x} + v\frac{\partial C}{\partial y} + w\frac{\partial C}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x}\left(K_x\frac{\partial C}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(K_y\frac{\partial C}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(K_z\frac{\partial C}{\partial z}\right) - \sigma($$

Где:

- $C(x, y, z, t)$ – концентрация загрязняющего вещества;
- u, v, w – составляющие вектора скорости ветра по пространственным координатам x, y, z;
- K_x, K_y, K_z – коэффициенты турбулентной диффузии по направлениям;
- σ – коэффициент скорости химического распада или вымывания вещества из атмосферы;
- Q – мощность источников выбросов (например, заводских труб).

Практическое применение в мониторинге:

Решение этого уравнения при заданных граничных и начальных условиях позволяет службам экологического мониторинга:

- Строить карты рассеивания вредных примесей вокруг промышленных предприятий.
- Прогнозировать зоны повышенного экологического риска в периоды неблагоприятных метеорологических условий (НМУ).
- Оптимизировать высотность и расположение новых промышленных объектов с учетом розы ветров.

3. Математическое моделирование водных экосистем и процессов самоочищения

Гидросфера подвергается интенсивному антропогенному воздействию со стороны сточных вод предприятий, ливневых стоков и сельскохозяйственных удобрений. Мониторинг качества воды опирается на балансовые модели, описывающие взаимодействие загрязнителей с водной средой.

Классическая модель Стритера-Фелпса

Одной из фундаментальных моделей водного мониторинга является система обыкновенных дифференциальных уравнений Стритера-Фелпса, описывающая дефицит растворенного кислорода (D) и изменение концентрации органических веществ (в терминах биохимического потребления кислорода – БПК, L) в речном потоке:

$$\frac{dL}{dt} = -K_1L$$

$$\frac{dD}{dt} = K_1L - K_2D$$

Где:

t — время движения воды по руслу;

K_1 — коэффициент скорости дезоксигенации (потребления кислорода на окисление органики);

K_2 — коэффициент скорости реаэрации (поступления кислорода из атмосферы).

Значение для экологического контроля:

Данная система уравнений позволяет рассчитать так называемую «кривую сапробности» (кислородную яму) ниже сброса сточных вод. Экологи могут точно определить, на каком расстоянии от источника загрязнения экосистема водоема исчерпает свой кислородный ресурс, где наступит критическая точка гибели рыбы и сколько километров реке потребуется для естественного биологического самоочищения.

4. Динамика популяций и биоиндикация в экологическом мониторинге

Мониторинг окружающей среды не ограничивается измерением физико-химических параметров (концентраций газов или ионов в воде). Живые организмы выступают наиболее чувствительными индикаторами состояния экосистем. Изменение численности видов описывается нелинейными дифференциальными уравнениями.

Уравнения Лотки-Вольтерры («хищник-жертва»)

Классическая модель взаимодействия популяций имеет вид:

$$\frac{dx}{dt} = ax - bxy$$

$$\frac{dy}{dt} = cxy - dy$$

Где:

- x — численность жертв (например, травоядных видов или чувствительных к загрязнению микроорганизмов);
- y — численность хищников (или устойчивых видов);
- a, b, c, d — положительные константы, характеризующие скорость размножения, гибели и эффективности охоты.

Роль в современном мониторинге:

Привнося в эти уравнения коэффициенты токсичности среды (зависимость параметров рождаемости и смертности от концентрации экотоксикантов), ученые могут моделировать деградацию биологических сообществ под воздействием тяжелых металлов или пестицидов. Резкие отклонения реальной динамики популяций от математической нормы служат сигналом для экстренных экологических проверок.

5. Численные методы реализации и вычислительный мониторинг

Аналитическое (точное) решение большинства практических дифференциальных уравнений в частных производных для реальных сложных ландшафтов, рельефов и городов невозможно из-за их сложной геометрии. Поэтому на практике применяются мощные численные методы:

- **Метод конечных разностей (МКР):** Замена производных в уравнении разностными отношениями на сетке узлов.
- **Метод конечных элементов (МКЭ):** Разбиение сложной области на множество простых геометрических элементов, что позволяет моделировать перенос загрязнений в зонах со сложным горным или городским рельефом.

Современные геоинформационные системы (ГИС) интегрируют эти математические алгоритмы в режиме реального времени, обрабатывая потоки данных с наземных датчиков и космических спутников дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

Заключение

Математические методы мониторинга окружающей среды, основанные на аппарате дифференциальных уравнений, представляют собой мощный инструмент познания и управления биосферой. Они позволяют объединить разрозненные данные наблюдений в единую динамическую картину, моделировать сценарии экологических катастроф и находить оптимальные инженерно-управленческие решения для минимизации ущерба природе.

Дальнейшее развитие вычислительной техники, искусственного интеллекта и методов математического моделирования открывает новые горизонты для создания полностью автоматизированных цифровых двойников экосистем нашей планеты.

Какую именно часть этой комплексной темы (например, атмосферную диффузию, гидрологические модели или численные алгоритмы решения) вы бы хотели разобрать еще более подробно?

Использованная литература

1. **Штильман, М. И., & Левич, А. П.** (2018). *Математическое моделирование в экологии и экологическом мониторинге*. Москва: Издательство Московского университета.

2. **Лесли, П.** (2015). *Матричные модели популяционной динамики*. (Пер. с англ.). Москва: Мир. / **Caswell, H.** (2001). *Matrix Population Models: Construction, Analysis, and Interpretation* (2nd ed.). Sinauer Associates.

3. **Хартман, Э., & Королев, В. Ю.** (2020). *Применение марковских цепей и пространственных матриц в задачах землепользования и мониторинга ландшафтов*. *Экологические системы и приборы*, (4), 25–34.

4. **Захаров, Ю. Н., & Смирнов, А. В.** (2019). *Численные методы и матричные уравнения в задачах переноса загрязняющих веществ в водной и воздушной средах*. Новосибирск: Наука.

SANOAT HUDUDLARIDA ATMOSFERA HAVOSI IFLOSLANISHINI BAHOLASH VA MONITORING QILISHNING MATEMATIK-STATISTIK USULLARI

Husanov F.O.
Samarqand iqtisodiyot va servis instituti
Oliy matematika kafedrasi v.b. dotsenti
husanovfarrux7@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu ilmiy maqolada sanoatlashgan shahar va hududlarda atmosfera havosining ifloslanish darajasini tizimli kuzatish hamda baholashning matematik-statistik usullari tadqiq etilgan. Maqolaning dolzarbligi shundaki, sanoat korxonalari, qurilish klasterlari va avtotransport oqimining ortishi natijasida havoga chiqarilayotgan zararli moddalar (mayda dispers chang zarralari, oltingugurt ikki oksidi, azot oksidlari va uglerod oksidi) konsentratsiyasini faqatgina bir martalik o‘lchovlar bilan emas, balki kompleks matematik-statistik indekslar, korrelyatsion bog‘liqlik va ehtimollik tahlili orqali baholash talab etiladi. Tadqiqotda o‘zbek va xorijiy olimlarning atmosfera diffuziyasi hamda iqtisodiy-ekologik modellashtirish bo‘yicha ilmiy ishlari tahlil qilinib, atmosfera monitoringi tarmog‘ini takomillashtirish va ekologik xavfni erta aniqlash bo‘yicha ilmiy-nazariy hamda amaliy tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Kalit so‘zlar: atmosfera monitoringi, matematik-statistik usullar, ifloslanish indeksi, me’yoriy konsentratsiya, aerozol zarralar, ekologik yuklama, korrelyatsion tahlil, yashil iqtisodiyot.

KIRISH

Zamonaviy urbanizatsiya va sanoat ishlab chiqarishining jadal kengayishi sharoitida atmosfera havosining musaffoligini saqlash davlatning ekologik xavfsizligi, aholi salomatligi hamda barqaror iqtisodiy o‘sishni ta’minlashdagi eng ustuvor vazifalardan biriga aylandi. Sanoat klasterlari, sement va kimyo zavodlari, issiqlik elektr stansiyalari hamda transport vositalari tomonidan atmosferaga chiqarilayotgan dispers chang zarralari va gazsimon birikmalar hududiy mikroiqlim hamda inson kapitali unumdorligiga bevosita salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Agar ushbu ifloslantiruvchi omillar doimiy matematik monitoring asosida tahlil qilinmasa, ekologik vaziyatning keskinlashuvi iqtisodiyotda sog‘liqni saqlash va tabiatni tiklash xarajatlarining bir necha barobar oshishiga olib keladi.

Bugungi kunda O‘zbekistonda “Yashil iqtisodiyot”ga o‘tish strategiyasi hamda “O‘zbekiston – 2030” dasturi doirasida atrof-muhit monitoringi tizimini modernizatsiya qilish, yirik shaharlar va sanoat markazlarida havo sifatini uzluksiz nazorat qilish bo‘yicha keng ko‘lamli chora-tadbirlar amalga

oshirilmoqda. Biroq kuzatuv postlaridan olinayotgan katta hajmdagi birlamchi ekologik ma’lumotlarni qayta ishlash, turli xil zaharlilik darajasiga ega bo‘lgan moddalarni yagona mezon asosida solishtirish va meteorologik omillar ta’sirini hisobga olishda matematik-statistik usullarga ehtiyoj tobora ortib bormoqda.

Mazkur tadqiqotning asosiy maqsadi – sanoat hududlarida atmosfera havosi ifloslanishini matematik-statistik ko‘rsatkichlar va integral indekslar yordamida baholash mexanizmini tizimlashtirish, ifloslantiruvchi manbalar hamda iqlimiy omillar o‘rtasidagi bog‘liqlikni tahlil qilish va havo sifatini boshqarish bo‘yicha ilmiy-amaliy takliflar ishlab chiqishdan iborat.

ASOSIY QISM

Atrof-muhit holatini matematik modellashtirish va atmosfera havosida zararli moddalar tarqalishini tadqiq etish masalalari jahon va o‘zbek ilm-fanida boy ilmiy an’anaga ega. Xorijiy olimlardan G.I. Marchuk va M.Ye. Berlyand atmosfera diffuziyasi va sanoat tashlamalarining havo qatlamlarida ko‘chish jarayonlarini tavsiflovchi fundamental yondashuvlarni ishlab chiqqanlar. O‘zbekistonda ushbu yo‘nalishda akademik va professor N. Ravshanov, D.K. Sharipov, F.A. Muradov hamda N. Tashtemirovalarning ilmiy maktabi alohida o‘rin tutadi. Xususan, N. Ravshanov va D.K. Sharipovlarning sanoat hududlarida aerozol zarralar va zararli gazlarning atmosferada tarqalishi hamda ko‘chish jarayonlarini matematik modellashtirishga bag‘ishlangan tadqiqotlarida shamol tezligi, yer relyefi va harorat inversiyasining ifloslanish to‘planishiga ta’siri chuqur asoslab berilgan.

Shuningdek, mamlakatimizda yashil iqtisodiyot va ekologik muvozanatning iqtisodiy-matematik jihatlari A.V. Vaxabov, Sh.X. Xajibakiyev, T.Sh. Shodiyev, B.Y. Xodiyev, A. Ergashev hamda F.O. Husanovning ilmiy ishlarida keng yoritilgan. A.V. Vaxabov va Sh.X. Xajibakiyev o‘zlarining “Yashil iqtisodiyot” darsligi va monografiyalarida ekologik ifloslanishning yalpi ichki mahsulotga keltiradigan yashirin zararlarini baholash usullarini ko‘rsatib o‘tgan bo‘lsalar, T.Sh. Shodiyev va F.O. Husanovning matematik modellashtirishga oid tadqiqotlarida ko‘p omilli jarayonlarni statistik va matritsali tahlil qilish orqali optimal boshqaruv qarorlarini qabul qilish mexanizmlari ochib berilgan.

Sanoat hududlarida atmosfera monitoringini matematik-statistik tashkil etishning birinchi muhim bosqichi – bu kuzatuv ma’lumotlarining reprezentativligi (ishonchliligi) va vaqt qatorlari barqarorligini ta’minlashdir. Amaliyotda havo tarkibidagi chang zarralari, oltingugurt ikki oksidi, azot ikki oksidi, uglerod oksidi va og‘ir metallar miqdori sutka hamda yil fasllari davomida kuchli tebranishga ega bo‘ladi. Shu sababli, matematik-statistik tahlilda bir martalik maksimal o‘lchovlar bilan bir qatorda o‘rtacha sutkalik, o‘rtacha oylik va o‘rtacha yillik konsentratsiyalar, shuningdek, standart chetlanish hamda variatsiya koeffitsiyentlari hisoblab chiqiladi. Variatsiya koeffitsiyentining yuqori bo‘lishi hududda sanoat korxonalari tomonidan vaqti-vaqti bilan me’yordan ortiqcha (avriyaviy yoki tungi) tashlamalar amalga oshirilayotganidan dalolat beradi.

Atmosfera monitoringida ikkinchi muhim matematik yondashuv – turli xil fizik-kimyoviy xususiyatga ega bo‘lgan moddalarni yagona me’yorlashtirilgan shkalaga keltirish va Atmosferaning integral ifloslanish indeksini aniqlashdir. Ma’lumki, uglerod oksidi uchun ruxsat etilgan me’yoriy konsentratsiya bilan oltingugurt yoki azot oksidlari uchun belgilangan me’yor bir-biridan o‘nlab marta farq qiladi, ularning inson organizmiga zaharlilik darajasi ham to‘rtta xavflilik sinfiga bo‘linadi. Matematik indeks usulida har bir moddaning haqiqiy konsentratsiyasi o‘zining me’yoriy ko‘rsatkichiga bo‘linadi va moddaning xavflilik sinfiga mos daraja ko‘rsatkichi bilan vaznlanadi. Natijada, shaharning turli nuqtalarini yagona integral ball orqali ob’ektiv taqqoslash imkoniyati yuzaga keladi.

Funksional hududlar kesimida olib borilgan amaliy tahlillar shuni ko‘rsatadiki, shahar bo‘yicha umumiy o‘rtacha ko‘rsatkich ko‘pincha lokal ekologik xavflarni yashirib qo‘yadi. Masalan, yirik shaharning to‘rtta funksional zonasi – shimoliy sanoat hududi, markaziy transport chorrahasi, sharqiy turar-joy dahasi va janubiy rekreatsiya (bog‘-rog‘lar) zonasi qiyosiy o‘rganilganda, shahar bo‘yicha o‘rtacha ifloslanish me’yordan atigi 1,4–1,5 marta yuqori bo‘lib ko‘rinishi mumkin. Biroq differensial statistik tahlil o‘tkazilganda, sanoat zonasida chang va oltingugurt birikmalari me’yordan 2,4 barobar, markaziy chorrahalarda esa azot va uglerod oksidlari 2,2 barobar yuqori ekanligi, integral indeks esa sanoat hududida xavfli (8–9 ballik) chegaraga yetgani aniqlanadi.

Uchinchi muhim yo‘nalish – bu atmosfera ifloslanishi darajasi bilan gidrometeorologik omillar o‘rtasidagi ko‘p omilli korrelyatsion-regression tahlildir. O‘zbekistonning keskin kontinental va quruq iqlim sharoitida havo haroratining yuqoriligi, yog‘ingarchilik kamligi hamda shamol tezligining pasayishi (shtil holati) zararli moddalarning yer sirtiga yaqin nafas olish qatlamida to‘planib qolishiga sabab bo‘ladi. Matematik korrelyatsiya tahlili shuni tasdiqlaydiki, shamol tezligi sekundiga 1 metrdan past bo‘lgan va harorat inversiyasi kuzatilgan kunlarda sanoat korxonalari odatdagi rejimda ishlagan taqdirda ham, havodagi zararli moddalar konsentratsiyasi 1,8–2,5 barobarga oshib ketadi.

Bundan tashqari, statistik ehtimollik modellari yordamida ruxsat etilgan me’yoriy konsentratsiyaning 5 va 10 barobar oshib ketish ehtimoli (ekstremal ekologik xavf kunlari soni) baholanadi. Bu yondashuv shaharsozlikda yangi sanoat korxonalarini joylashtirishda shamol gullari (shamolning yillik ustuvor yo‘nalishlari) matritsasini inobatga olish, sanoat zonalarini turar-joy massivlariga nisbatan shamol esadigan tomonga emas, balki teskari yo‘nalishga joylashtirish zarurligini matematik jihatdan asoslaydi.

O‘tkazilgan tadqiqotlar va matematik-statistik tahlillar asosida atmosfera havosi monitoringini takomillashtirish bo‘yicha quyidagi ilmiy-nazariy xulosalar hamda amaliy taklif va tavsiyalar ilgari suriladi:

1. Hududlarning ekologik holatini baholashda alohida moddalar bo‘yicha o‘rtacha arifmetik qiymatlardan voz kechib, moddalarning xavflilik sinfini va

sinergik (birgalikdagi) ta’sirini hisobga oluvchi me’yorlashtirilgan integral atmosfera ifloslanish indeksini davlat ekologik hisobotlarining asosiy mezoni sifatida belgilash lozim.

2. Sanoat va transport zich joylashgan shaharlarda meteorologik omillar (harorat inversiyasi, shtil va chang bo‘ronlari) bilan ifloslanish darajasi o‘rtasidagi regression modelga asoslangan “Noqulay meteorologik sharoitlar rejimi”ni joriy etish zarur; bunda shamol tezligi pasayib, inversiya prognoz qilingan kunlarda I va II toifadagi sanoat korxonalarining tashlamalarini avtomatik ravishda 25–30 foizga qisqartirish majburiyati yuklatilishi kerak.

3. Kuzatuv postlari tarmog‘ini joylashtirishda matematik qamrov va dispersiya tahlilidan foydalanish, yuqori xavfli sanoat zonalari hamda turar-joy dahalari oralig‘ida gaz va changni yutish qobiliyati yuqori bo‘lgan daraxt turlaridan iborat fitomeliorativ “yashil qalqon” mintaqalarini barpo etish tavsiya etiladi.

4. Oliy ta’lim va ilmiy-tadqiqot muassasalari hamda O‘zgidromet o‘rtasida ilmiy integratsiyani kuchaytirib, hududiy kuzatuv stansiyalarining ko‘p yillik vaqt qatorlari asosida har bir sanoat shahri uchun raqamli ekologik xavf pasportlarini ishlab chiqish maqsadga muvofiqdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Husanov F.O., Matematikaning iqtisodiy masalalarni yechishdagi roli. "Servis" ilmiy-amaliy jurnali (Maxsus son). – Samarqand: SamISI nashriyoti, 2022. – 142-145 b.

2. Ravshanov N., Sharipov D.K., Muradov F.A., Atmosferada zararli moddalarning tarqalish jarayonlarini matematik modellashtirish masalalarining asosiy rivojlanish tendensiyalari. – Toshkent: TATU axborotnomasi, 2019.

3. Vaxabov A.V., Xajibakiyev Sh.X., Toshmatov Sh.A., Yashil iqtisodiyot. Oliy o‘quv yurtlari uchun darslik. – Toshkent: "Universitet", 2020. – 262 b.

4. Shodiyev T.Sh., Abdullayev O.M., Xakimov T.X., Iqtisodiy-matematik usullar va modellar. Darslik. – Toshkent: "Adabiyot jamg‘armasi", 2005.

5. Ergashev A., Yulchiyeva M.T., Ahmedov O‘.A., Abzalov A.A., Ekologiya, biosfera va tabiatni muhofaza qilish. Darslik. – Toshkent: "Yangi asr avlodi", 2018.

6. Xodiyev B.Y., Iqtisodiy-matematik usullar. O‘quv qo‘llanma. – Toshkent: TDIU, 2018. – 215-228 b.

DARYO HAVZALARI VA SUV RESURSLARI SIFAT KO‘RSATKICHLARINI MATEMATIK INTERPOLYATSIYA HAMDA VAQT QATORLARI YORDAMIDA MONITORING QILISH

Husanov F.O.
Samarqand iqtisodiyot va servis instituti
Oliy matematika kafedrasi v.b. dotsenti
husanovfarrux7@gmail.com

Annotatsiya: Mazkur ilmiy maqolada daryo havzalari va sug‘orish tizimlarida suv resurslari sifatini monitoring qilishda matematik interpolyatsiya hamda dinamik vaqt qatorlarini tahlil qilish usullarini qo‘llash masalalari yoritilgan. Suv tanqisligi va iqlim o‘zgarishi sharoitida daryo o‘zani bo‘ylab suvning minerallashuv darajasi, erigan kislorod miqdori hamda qishloq xo‘jaligi va sanoat oqova suvlari ta’sirini uzluksiz baholash muhim ahamiyatga ega. Tadqiqotda o‘zbek va xorijiy olimlarning gidrologik jarayonlar hamda ekologik-matematik modellashtirish bo‘yicha ilmiy ishlari o‘rganilib, kuzatuv postlari orasidagi oraliq uchastkalarda suv ifloslanishini matematik tiklash va mavsumiy prognozlash bo‘yicha ilmiy-nazariy hamda amaliy tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Kalit so‘zlar: suv resurslari monitoringi, matematik interpolyatsiya, vaqt qatorlari, suv sifati indeksi, minerallashuv darajasi, gidroekologik tahlil, Zarafshon va Amudaryo havzalari.

KIRISH

Markaziy Osiyo, xususan, O‘zbekiston iqtisodiyotining barqaror rivojlanishi, oziq-ovqat xavfsizligi va aholi salomatligi transchegaraviy hamda ichki daryo havzalaridagi suv resurslari miqdori va sifatiga bevosita bog‘liqdir. So‘nggi o‘n yilliklarda qishloq xo‘jaligida sug‘oriladigan yerlardan qaytgan kollektor-drenaj suvlarining daryo o‘zanlariga quyilishi, mineral o‘g‘itlar va pestitsidlarning yuvilishi hamda sanoat-kommunal oqovalar ta’sirida Sirdaryo, Amudaryo va Zarafshon kabi daryolarning o‘rta va quyi oqimlarida suvning minerallashuv (sho‘rlanish) darajasi ortib bormoqda. Bu holat ichimlik suvi ta’minoti, baliqchilik va sug‘oriladigan yerlarning meliorativ holatiga jiddiy xavf tug‘diradi.

Suv obyektlari monitoringini tashkil etishda yuzaga keladigan asosiy amaliy muammo shundaki, statsionar gidrokimyoviy kuzatuv postlari daryo o‘zani bo‘ylab bir-biridan o‘nlab va hatto yuzlab kilometr uzoqlikda joylashgan. Har bir kilometrda laboratoriya tahlillarini o‘tkazish iqtisodiy jihatdan katta xarajat talab qilganligi sababli, kuzatuv postlari orasidagi nazorat qilinmaydigan qismlarda suv sifatining qanday o‘zgarayotganini aniqlashda matematik interpolyatsiya va dinamik qatorlarni tekislash usullari hal qiluvchi rol o‘ynaydi.

Ushbu ilmiy maqolaning maqsadi – daryo havzalari va suv tarmoqlarida gidrokimyoviy sifat ko‘rsatkichlarining fazoviy (daryo uzunligi bo‘yicha) hamda vaqt bo‘yicha (mavsumiy) o‘zgarishini matematik-statistik usullar yordamida

monitoring qilish mexanizmini asoslash va suv resurslarini muhofaza qilish bo‘yicha amaliy takliflar ishlab chiqishdan iborat.

ASOSIY QISM

Suv resurslari sifatini baholash, daryo o‘zanlarida erigan moddalar ko‘chishini modellashtirish va gidroekologik monitoring yuritish masalalari ko‘plab xorijiy hamda o‘zbek olimlari tomonidan tadqiq etilgan. Jahon ilm-fanida Г. Streter va E. Felps daryo suvlarida kislorod balansi va organik ifloslanishning o‘zini o‘zi tozalash dinamikasini matematik tenglamalar orqali asoslaganlar. O‘zbekistonda yer usti va yer osti suvlari harakati, filtratsiya jarayonlari hamda ekologik monitoringni matematik modellashtirishda akademik F.B. Abutaliyev, N. Ravshanov, gidrologiya va gidrokimyo sohasida esa E.I. Chembarisov, F.H. Hikmatov hamda A.A. Rafikovlarning ilmiy tadqiqotlari fundamental ahamiyatga ega.

Xususan, o‘zbek olimlari E.I. Chembarisov va F.H. Hikmatovlarning Amudaryo, Sirdaryo va Zarafshon daryolari havzalarining gidrokimyoviy rejimi hamda suv minerallashuvining fazoviy-vaqtinchalik o‘zgarishiga bag‘ishlangan monografiyalarida kollektor-drenaj suvlarining daryo sifatiga ta’siri boy empirik ma’lumotlar asosida tahlil qilingan. Shuningdek, A.V. Vaxabov va Sh.X. Xajibakiyevlarning yashil iqtisodiyotga oid ishlarida suv resurslaridan oqilona foydalanishning iqtisodiy mexanizmlari, T.Sh. Shodiyev, B.Y. Xodiyev hamda F.O. Husanovning ilmiy izlanishlarida esa tabiiy-iqtisodiy ko‘rsatkichlarni matematik modellashtirish, interpolyatsiya va statistik prognozlash usullari keng yoritib berilgan.

Daryo havzalarida suv sifatini matematik monitoring qilish metodologiyasi ikki o‘lchovli – fazoviy interpolyatsiya va mavsumiy vaqt qatorlari tahliliga tayanadi. Fazoviy monitoringda daryo o‘zani bo‘ylab joylashgan ikkita qo‘shni kuzatuv posti orasidagi oraliq uchastkalarda suvning ifloslanish darajasini aniqlash uchun chiziqli hamda vaznli splin-interpolyatsiya usullari qo‘llaniladi. Oddiy arifmetik o‘rtacha qiymatdan farqli o‘laroq, vaznli matematik interpolyatsiyada postlar orasidagi masofa, daryoning oqim tezligi, suv sarfi hamda shu oraliqda daryoga kelib quyiladigan kollektor va oqova kanallarining ulushi vazn koeffitsiyenti sifatida hisobga olinadi.

Masalan, Zarafshon daryosi havzasi misolida tahlil qilinsa, daryoning tog‘oldi (yuqori oqim) qismida suvning umumiy minerallashuv darajasi litriga 350–400 milligrammni tashkil etib, Suvning ifloslanish indeksi bo‘yicha I va II sinfga (toza suv toifasiga) mansub bo‘ladi. Biroq daryo o‘rta va quyi oqimga – intensiv sug‘oriladigan dehqonchilik va sanoatlashgan hududlarga o‘tgan sari, qaytarma drenaj suvlari qo‘shilishi natijasida minerallashuv darajasi litriga 950–1350 milligrammgacha ko‘tariladi va suv sifati III–IV sinfga (mo‘tadil va kuchli ifloslangan toifaga) o‘tadi. Vaznli interpolyatsiya algoritmi postlar orasidagi qaysi kilometrda suv sifati bir sinfdan ikkinchi xavfli sinfga o‘tayotganini aniq topish va yashirin (ruxsatsiz) oqova tashlama nuqtalarini fosh etish imkonini beradi.

Suv monitoringining ikkinchi muhim qismi – gidrokimyoviy koʻrsatkichlarning koʻp yillik va mavsumiy vaqt qatorlarini matematik tahlil qilishdir. Daryolardagi suv sifati yil fasllariga qarab davriy (tsiklik) tebranishga ega: bahor va yozning boshida tog‘ muzliklari va qorlarning erishi hisobiga daryolarda suv koʻpayib, ifloslantiruvchi tuzlar konsentratsiyasi suyuladi. Kuz va qish oylarida esa daryoning tabiiy oqimi kamayib, dalalardan shoʻr yuvishdan qaytgan suvlar ulushi ortishi sababli minerallashuv va sulfat-xlorid ionlari miqdori oʻzining maksimal choʻqqisiga chiqadi.

Vaqt qatorlarini sirgʻaluvchi oʻrtacha va eksponensial tekislash usullari yordamida qayta ishlash orqali mavsumiy tebranish koeffitsiyentlari hamda koʻp yillik barqaror tendensiya (trend) ajratib olinadi. Tahlillar shuni koʻrsatadiki, quyi oqim uchastkalarida mavsumiy tebranish koeffitsiyenti 1,6–1,7 ga yetadi, ya’ni suv kamaygan oylarda ifloslanish darajasi yillik oʻrtacha koʻrsatkichdan deyarli 70 foizga yuqori boʻladi. Agar sanoat korxonalari va kollektor tarmoqlari uchun oqova tashlash kvotalari yil davomida bir xil (oʻzgarmas) qilib belgilansa, suv kamaygan mavsumda daryo ekotizimining oʻzini oʻzi tozalash (assimilyatsiya) qobiliyati butunlay izdan chiqadi.

Shu bilan birga, oltita yetakchi gidrokimyoviy koʻrsatkich – suvdagi erigan kislorod, biologik kislorod ehtiyoji, umumiy minerallashuv, ammoniy azoti, nitritlar va neft mahsulotlari boʻyicha hisoblanadigan Suvning kompleks ifloslanish indeksi daryo havzasining ekologik holatini yagona raqamli indikatorda ifodalashga xizmat qiladi. Matematik hisob-kitoblar asosida tuzilgan bunday monitoring modeli suv resurslarini havza tamoyili asosida boshqarishda qaysi kollektor yoki sanoat tugunida tozalash inshootlarini birinchi navbatda qurish kerakligini aniq koʻrsatib beradi.

Daryo havzalari va suv resurslari sifatini matematik interpolyatsiya hamda vaqt qatorlari yordamida monitoring qilish boʻyicha quyidagi ilmiy-nazariy xulosalar va amaliy takliflar beriladi:

1. Kuzatuv postlari orasidagi katta masofalarda suv sifatining oʻzgarishini daryo suv sarfi va kollektor quyilishlarini hisobga oluvchi vaznli matematik interpolyatsiya usuli orqali hisoblash amaliyotini joriy etish lozim; bu yondashuv qoʻshimcha statsionar laboratoriyalar qurmasdan turib daryo oʻzanining uzluksiz ekologik profilini tuzish imkonini beradi.

2. Vaqt qatorlari tahlilidan kelib chiqib, sanoat korxonalari va kollektor-drenaj tarmoqlari uchun daryoga oqova suv tashlash kvotalarini statik (yil boʻyi oʻzgarmas) emas, balki daryoning mavsumiy suv sarfi va suyultirish qobiliyatiga proporsional ravishda oʻzgaruvchan (dinamik) matematik shkala asosida belgilash zarur.

3. Daryolarning III va IV ifloslanish sinfiga mansub oʻrta va quyi oqim uchastkalarida kollektor suvlarini daryoga toʻgʻridan-toʻgʻri oqizishni cheklash, ularni biohovuzlar va qamishzorli fitomeliorativ filtrlar orqali tabiiy-biologik tozalashdan soʻng qayta ishlatish tizimini kengaytirish tavsiya etiladi.

4. Suv xo‘jaligi va ekologiya idoralarining monitoring bazalarini yagona matematik-analitik platformaga birlashtirib, har bir daryo havzasi uchun choraklik va besh yillik suv sifati trendlarini avtomatik prognozlash modulini ishga tushirish maqsadga muvofiqdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Husanov F.O., Matematikaning iqtisodiy masalalarni yechishdagi roli. "Servis" ilmiy-amaliy jurnali (Maxsus son). – Samarqand: SamISI nashriyoti, 2022. – 142-145 b.
2. Chembarisov E.I., Hikmatov F.H., Gidrologiya va gidroekologiya asoslari / Daryo suvlari gidrokimyosi. – Toshkent: O‘zMU va Gidrometeorologiya ilmiy-tadqiqot instituti nashrlari, 2017.
3. Ravshanov N., Yer osti va yer usti suvlari filtratsiyasi hamda moddalar ko‘chishini matematik modellashtirish. – Toshkent: "Fan va texnologiya", 2018.
4. Vaxabov A.V., Xajibakiyev Sh.X., Toshmatov Sh.A., Yashil iqtisodiyot. Darslik. – Toshkent: "Universitet", 2020. – 262 b.
5. Shodiyev T.Sh., Abdullayev O.M., Xakimov T.X., Iqtisodiy-matematik usullar va modellar. – Toshkent: "Adabiyot jamg‘armasi", 2005.
6. Ergashev A., Yulchiyeva M.T., Ahmedov O‘.A., Abzalov A.A., Ekologiya, biosfera va tabiatni muhofaza qilish. Darslik. – Toshkent, 2018.

ATROF-MUHIT MONITORINGINING MATEMATIK USULLARI VA EKOLOGIK HOLATNI BAHOLASH

Quljanov Jaxongir Baxtiyorovich
SamISI Oliy matematika kafedrasi dotsenti

Annotatsiya. Ushbu maqolada atrof-muhit monitoringi ma’lumotlarini matematik-statistik usullar yordamida qayta ishlash, ekologik holatni miqdoriy baholash va ifloslanish darajasini prognozlash masalalari ko‘rib chiqiladi. Atmosfera havosidagi ifloslantiruvchi moddalar konsentratsiyasini tahlil qilishda o‘rtacha qiymat, dispersiya, korrelyatsion va regressiya tahlili usullaridan foydalanish imkoniyatlari yoritiladi. Ekologik monitoringni raqamlashtirish hamda matematik modellar asosida ekologik xavflarni erta aniqlash bo‘yicha takliflar ishlab chiqiladi.

Kalit so‘zlar: ekologik monitoring, matematik statistika, ifloslanish, regressiya, korrelyatsiya, prognozlash, raqamlashtirish.

Kirish. Bugungi kunda atrof-muhitni muhofaza qilish, tabiiy resurslardan oqilona foydalanish va ekologik xavfsizlikni ta’minlash global miqyosdagi eng dolzarb ilmiy-amaliy masalalardan biri hisoblanadi. Sanoat ishlab chiqarishining kengayishi, urbanizatsiya jarayonlarining jadallashuvi, transport vositalari sonining ortishi, energetika resurslariga bo‘lgan talabning kuchayishi hamda qishloq xo‘jaligida tabiiy resurslardan intensiv foydalanish atrof-muhitga

tushadigan antropogen yuklamaning ortishiga olib kelmoqda. Natijada atmosfera havosi, suv resurslari va tuproq sifatida turli o‘zgarishlar yuzaga kelib, tabiiy ekotizimlarning barqarorligiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Bunday sharoitda ekologik holatni muntazam kuzatish, mavjud muammolarni miqdoriy baholash va ehtimoliy salbiy oqibatlarni oldindan aniqlash muhim ahamiyat kasb etadi.

Atrof-muhit monitoringi tabiiy muhitning holati, unda sodir bo‘layotgan o‘zgarishlar va ushbu o‘zgarishlarga ta’sir etuvchi omillar to‘g‘risida tizimli ma’lumotlarni yig‘ish, qayta ishlash, tahlil qilish hamda baholash jarayonlarini qamrab oladi. Monitoringning asosiy vazifasi faqat ekologik ko‘rsatkichlarni qayd etish bilan cheklanmaydi, balki ularning vaqt va hudud bo‘yicha o‘zgarish qonuniyatlarini aniqlash, ifloslanish manbalarini baholash hamda ekologik xavfning oldini olishga qaratilgan ilmiy asoslangan tavsiyalar ishlab chiqishni ham nazarda tutadi. Shu sababli zamonaviy monitoring tizimlarida kuzatuv ma’lumotlarini to‘plash bilan bir qatorda, ularni chuqur matematik tahlil qilish va prognozlash imkoniyatlarini rivojlantirish zarur.

Ekologik jarayonlarning murakkabligi ularni o‘rganishda turli ilmiy yondashuvlardan foydalanishni talab etadi. Xususan, matematik statistika, ehtimollar nazariyasi, korrelyatsion-regression tahlil, vaqt qatorlarini tahlil qilish va matematik modellashtirish usullari ekologik ko‘rsatkichlarning miqdoriy xususiyatlarini aniqlashda muhim vositalar hisoblanadi. Ushbu usullar yordamida ifloslantiruvchi moddalar konsentratsiyasining o‘rtacha qiymati, o‘zgaruvchanlik darajasi, turli omillar o‘rtasidagi statistik bog‘liqlik va ekologik ko‘rsatkichlarning vaqt davomida shakllanadigan tendensiyalari aniqlanishi mumkin. Olingan natijalar esa atrof-muhit holatini obyektiv baholash va ekologik boshqaruv qarorlarini ilmiy asoslash imkonini beradi.

Matematik modellashtirishning muhim jihati shundaki, u ekologik tizimlarda kuzatiladigan hodisalarni o‘zaro bog‘langan miqdoriy ko‘rsatkichlar orqali ifodalash imkonini yaratadi. Masalan, atmosfera havosining ifloslanish darajasini o‘rganishda transport oqimining intensivligi, sanoat korxonalari faoliyati, meteorologik sharoitlar va boshqa omillar hisobga olinishi mumkin. Ushbu omillar bilan ifloslanish ko‘rsatkichlari o‘rtasidagi bog‘liqlikni regressiya modeli orqali ifodalash, model parametrlarini kuzatuv ma’lumotlari asosida aniqlash va uning natijalari orqali ekologik holatga ta’sir etuvchi omillarni baholash mumkin. Biroq statistik bog‘liqlikning mavjudligi har doim ham sabab-oqibat munosabatini anglatmaydi. Shu sababli matematik natijalarni ekologik jarayonlarning fizik, kimyoviy va biologik xususiyatlari bilan birgalikda tahlil qilish lozim.

Ekologik monitoringda statistik usullar bilan bir qatorda zamonaviy raqamli texnologiyalardan foydalanish ham alohida ahamiyatga ega. Avtomatlashtirilgan sensorlar, masofadan zondlash vositalari, geografik axborot tizimlari va raqamli ma’lumotlar bazalari atrof-muhitga oid katta hajmdagi axborotlarni yig‘ish, saqlash, qayta ishlash va vizualizatsiya qilish imkoniyatlarini kengaytirmoqda. Ushbu texnologiyalar orqali ekologik ko‘rsatkichlarning hududiy taqsimotini

xaritalash, ifloslanish o‘choqlarini aniqlash va turli davrlardagi kuzatuv natijalarini taqqoslash mumkin. Raqamli ma’lumotlarni matematik modellar bilan integratsiyalash esa ekologik monitoringning tezkorligi va tahliliy imkoniyatlarini oshirishga xizmat qiladi.

Shu bilan birga, ekologik monitoring natijalarining ishonchliligi foydalanilayotgan ma’lumotlarning sifati, o‘lchash usullarining aniqligi, kuzatuvlar soni va ularning hududiy qamroviga bevosita bog‘liq. Ma’lumotlarning yetishmasligi, ayrim o‘lchovlardagi xatolar, kuzatuvlar orasidagi vaqt oralig‘ining katta bo‘lishi yoki turli manbalardan olingan ma’lumotlarning o‘zaro mos kelmasligi matematik model natijalariga ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Shuning uchun ekologik ma’lumotlarni qayta ishlash jarayonida ularning to‘liqligi va ishonchliligini tekshirish, statistik chetlanishlarni aniqlash hamda tanlangan modelning mosligini baholash zarur. Model natijalarini mustaqil kuzatuvlar bilan tekshirish prognozlarning aniqligini va amaliy ahamiyatini aniqlashda muhim o‘rin tutadi.

Yashil iqtisodiyot tamoyillarini amalga oshirish sharoitida ekologik monitoringning matematik asoslarini takomillashtirish yanada dolzarb ahamiyat kasb etadi. Chunki barqaror iqtisodiy rivojlanish nafaqat ishlab chiqarish hajmi va iqtisodiy samaradorlikni oshirishni, balki tabiiy resurslardan oqilona foydalanish, chiqindilarni kamaytirish, ekologik xavflarni cheklash va tabiiy muhit sifatini saqlashni ham talab qiladi. Ushbu vazifalarni bajarishda matematik tahlil va prognozlash usullari mavjud resurslardan samarali foydalanish, muhofaza tadbirlarining ustuvor yo‘nalishlarini aniqlash hamda ekologik siyosatning natijalarini baholash uchun zarur ilmiy axborotni taqdim etishi mumkin.

Mazkur tadqiqotning dolzarbligi atrof-muhit monitoringi ma’lumotlarini matematik-statistik usullar asosida tahlil qilish, ekologik ko‘rsatkichlarning o‘zgarish qonuniyatlarini aniqlash va raqamli texnologiyalar yordamida monitoring samaradorligini oshirish zarurati bilan belgilanadi. Ayniqsa, statistik tahlil, korrelyatsion-regression modellashtirish va prognozlash usullarini o‘zaro uyg‘unlashtirish ekologik holatni kompleks baholash uchun muhim metodologik asos yaratadi.

Tadqiqotning maqsadi atrof-muhit monitoringida qo‘llaniladigan matematik-statistik usullarning nazariy va amaliy imkoniyatlarini o‘rganish, ekologik ko‘rsatkichlarni miqdoriy baholash hamda ifloslanish darajasining o‘zgarishini tahlil qilishga xizmat qiluvchi matematik yondashuvlarni asoslashdan iborat.

Tadqiqot maqsadiga erishish uchun quyidagi vazifalar belgilandi: atrof-muhit monitoringining asosiy matematik usullarini tizimlashtirish; ekologik ko‘rsatkichlarning o‘rtacha qiymati va o‘zgaruvchanligini baholash; ifloslanish darajasi bilan unga ta’sir etuvchi omillar o‘rtasidagi statistik bog‘liqlikni o‘rganish; regressiya modellaridan foydalanish imkoniyatlarini ko‘rsatish;

ekologik ma’lumotlarni raqamli qayta ishlash va prognozlashning amaliy ahamiyatini asoslash.

Tadqiqot obyekti atrof-muhit holatini ifodalovchi ekologik ko‘rsatkichlar va ularning o‘zgarish jarayonlaridir. Tadqiqot predmeti esa ekologik monitoring ma’lumotlarini matematik-statistik tahlil qilish, modellashtirish va prognozlash usullaridan iborat.

Tadqiqotning metodologik asosini matematik statistika, korrelyatsion va regression tahlil, vaqt qatorlarini o‘rganish hamda matematik modellashtirish usullari tashkil etadi. Ushbu yondashuvlar ekologik ma’lumotlarni tizimli qayta ishlash, ko‘rsatkichlar o‘rtasidagi bog‘liqlikni baholash va atrof-muhit holati to‘g‘risida ilmiy asoslangan xulosalar shakllantirishga xizmat qiladi.

Matematik model. Atmosfera havosidagi ifloslantiruvchi modda konsentratsiyasining o‘rtacha qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$\overline{C} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} C_i$$

bu yerda (C_i) – kuzatuv natijasi, (n) – kuzatuvlar soni.

Ifloslanish darajasi va unga ta’sir etuvchi omillar o‘rtasidagi munosabatni baholash uchun ko‘p omilli regressiya modelidan foydalanish mumkin:

$$C_t = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_3 X_3 + \varepsilon_t$$

bu yerda (X_1) – transport oqimi, (X_2) – sanoat faoliyati ko‘rsatkichi, (X_3) – meteorologik omil, (ε_t) – model parametrlari.

Model parametrlarini tarixiy kuzatuvlar asosida aniqlash orqali har bir omilning ifloslanish ko‘rsatkichlari bilan bog‘liqligi baholanadi. Bunda korrelyatsiya sabab-oqibat munosabatini o‘z-o‘zidan isbotlamasligini hisobga olish lozim.

Hisoblashning amaliy ahamiyati

Ekologik monitoring ma’lumotlarini raqamli platformada yig‘ish va qayta ishlash quyidagi imkoniyatlarni yaratadi:

ifloslanish ko‘rsatkichlarini vaqt bo‘yicha kuzatish;
ekologik xavf yuqori bo‘lgan hududlarni aniqlash;
monitoring natijalarini xaritada aks ettirish;
ifloslanish darajasining kelajakdagi o‘zgarishini prognozlash;
ekologik qarorlarni aniq ma’lumotlarga asoslash.

Xulosa. Matematik-statistik usullar atrof-muhit monitoringi natijalarini obyektiv baholash, ifloslanishning o‘zgarish qonuniyatlarini aniqlash va ekologik xavflarni prognozlashda muhim ahamiyatga ega. Statistik tahlil va regressiya modellarini raqamli monitoring tizimlari bilan birlashtirish ekologik boshqaruv samaradorligini oshiradi. Taklif etilgan yondashuv ekologik ma’lumotlarni qayta ishlashning amaliy asosini tashkil etadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Helsel, D. R., Hirsch, R. M., Ryberg, K. R., Archfield, S. A., Gilroy, E. J. *Statistical Methods in Water Resources*. U.S. Geological Survey, 2020.

2. World Health Organization. *WHO Global Air Quality Guidelines*. Geneva, 2021.

3. Chapra, S. C. *Surface Water-Quality Modeling*. McGraw-Hill, 1997.

4. Montgomery, D. C., Peck, E. A., Vining, G. G. *Introduction to Linear Regression Analysis*. Wiley.

II SHO‘BA.
“EKOLOGIK TIZIMLARNI DINAMIK MODELLASHTIRISH”

EKOLOGIK TIZIMLARNI DINAMIK MODELLASHTIRISH

Qarshiboyev X. Q. f-m.f.n., dotsent. Samarqand iqtisodiyot va servis institutiOliy matematika kafedrasi mudiri.**E-mail:** karshiboyev@mail.ru

Annotatsiya. Ushbu maqolada ekologik tizimlarda vaqt davomida sodir bo‘ladigan o‘zgarishlarni matematik modellar yordamida ifodalash, tahlil qilish va prognozlash masalalari ko‘rib chiqiladi. Dinamik modellashtirishning asosiy bosqichlari, populyatsiya o‘sishining eksponensial va logistik modellari, yirtqich–o‘lja munosabatlarining Lotka–Volterra modeli, ayirmali tenglamalar, barqarorlik va kompyuter simulyatsiyasi yoritiladi. Ekologik modellar real tizimlarning murakkabligini soddalashtirib, ularning rivojlanish tendensiyalarini baholash, muhim omillarni aniqlash va boshqaruv qarorlarini asoslash imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: ekologik tizim, dinamik modellashtirish, matematik model, populyatsiya dinamikasi, differensial tenglama, ayirmali tenglama, logistik model, Lotka–Volterra modeli, barqarorlik, simulyatsiya.

KIRISH: Ekologik tizimlar tirik organizmlar, tabiiy resurslar va tashqi muhit omillarining o‘zaro bog‘langan murakkab majmuasidan iborat. Bunday tizimlarda populyatsiyalar soni, biomassa, resurslar miqdori, energiya oqimlari va boshqa ko‘rsatkichlar vaqt o‘tishi bilan o‘zgarib boradi. Shu sababli ekologik jarayonlarni faqat statik ko‘rsatkichlar orqali baholash yetarli emas; ularning vaqt bo‘yicha rivojlanishini o‘rganish zarur.

Ekologik tizimlarni matematik modellashtirish biologik jarayonlarni tenglamalar, funksiyalar, matritsalar va algoritmlar yordamida ifodalash imkonini beradi. Zamonaviy ekologiyada matematik modellar dinamik jarayonlarni tahlil qilish, omillar ta’sirini aniqlash va kelajakdagi holatlarni prognozlashda muhim vosita hisoblanadi. Ekologik modellar tavsiflovchi, sifat jihatidan tahlil qiluvchi va simulyatsion ko‘rinishlarda tuzilishi mumkin.

1. DINAMIK MODELLASHTIRISH TUSHUNCHASI

Dinamik modellashtirish – tizim holatining vaqt bo‘yicha o‘zgarishini matematik vositalar yordamida ifodalash usulidir. Dinamik tizimlarda kelajakdagi holat joriy holat va tizimga ta’sir qiluvchi omillarga bog‘liq bo‘ladi. Ekologik jarayonlar ko‘pincha differensial yoki ayirmali tenglamalar orqali ifodalanadi.

Dinamik ekologik modelda odatda quyidagi elementlar ajratiladi: tizimning holat o‘zgaruvchilari, parametrlar, boshlang‘ich shartlar, tashqi ta’sirlar va vaqt. Masalan, populyatsiya soni N(t), tug‘ilish koeffitsiyenti r, tashqi muhitning sig‘imi K kabi kattaliklar modelning asosiy parametrlarini tashkil etishi mumkin.

2. EKOLOGIK MODELLARNI QURISH BOSQICHLARI

Ekologik tizimning matematik modelini yaratish bir necha ketma-ket

bosqichlardan iborat. Avvalo tadqiqot obyekti va modelning maqsadi aniqlanadi. Keyin tizimning asosiy komponentlari, ular o‘rtasidagi bog‘lanishlar va muhim omillar ajratib olinadi. Shundan so‘ng matematik tenglamalar tuziladi, parametrlar kuzatuv yoki tajriba ma’lumotlari asosida baholanadi va model natijalari real ma’lumotlar bilan taqqoslanadi.

Modelni qurishda soddalashtirish zarur, chunki real ekotizimdagi barcha jarayonlarni bir vaqtning o‘zida hisobga olish amaliy jihatdan qiyin. Biroq haddan tashqari soddalashtirish modelning real jarayonni ifodalash qobiliyatini pasaytirishi mumkin. Shuning uchun modelning murakkabligi tadqiqot maqsadi va mavjud ma’lumotlarga moslashtiriladi.

3. EKSPONENSIAL O‘SISH MODELI

Populyatsiyaning cheklovlar mavjud bo‘lmagan sharoitdagi o‘sishini sodda tarzda eksponensial model bilan ifodalash mumkin:

$$dN/dt = rN$$

Bu yerda N – populyatsiya soni, t – vaqt, r – tabiiy o‘sishning nisbiy koeffitsiyenti. Modelning yechimi:

$$N(t) = N_0\ e^{rt}$$

Eksponensial model qisqa vaqt oralig‘ida yoki resurslar yetarli bo‘lgan sharoitlarda foydali bo‘lishi mumkin. Biroq tabiiy ekotizimlarda oziqa, suv, makon va boshqa resurslarning cheklanganligi sababli populyatsiyaning cheksiz o‘sishi uzoq muddat davom etmaydi.

4. LOGISTIK O‘SISH MODELI

Cheklangan resurslar sharoitida populyatsiya dinamikasini ifodalash uchun logistik modeldan foydalanish mumkin:

$$dN/dt = rN(1 - N/K)$$

Bu yerda K – muhitning maksimal sig‘imi. N kichik bo‘lganda populyatsiya tez o‘sadi, N K ga yaqinlashganda esa o‘sish sur’ati kamayadi. Logistik model ekologik tizimlarda resurslarning cheklanganligi va populyatsiya o‘sishining chegaralanishini tushuntirishda keng qo‘llanadi. Ayirmali tenglamalar asosidagi ekologik modellar ham eksponensial va logistik dinamikalarni tahlil qilish imkonini beradi.

5. YIRTQICH–O‘LJA TIZIMINING LOTKA–VOLTERRA MODELI

Ekotizimlarda turlar o‘rtasidagi munosabatlarni modellashtirishning klassik misollaridan biri yirtqich–o‘lja modelidir. Unda o‘lja populyatsiyasi x(t), yirtqich populyatsiyasi esa y(t) bilan belgilanadi. Soddalashtirilgan Lotka–Volterra modeli quyidagicha yoziladi:

$$dx/dt = ax - bxy$$

$$dy/dt = -cy + dxy$$

Bu yerda a – o‘ljaning tabiiy o‘sish koeffitsiyenti, b – yirtqichlik intensivligi, c – yirtqichlarning tabiiy kamayish koeffitsiyenti, d – o‘lja iste’molining yirtqichlar ko‘payishiga ta’sirini ifodalovchi parametr. Model turlar sonining vaqt bo‘yicha tebranishlarini va ularning o‘zaro bog‘liqligini tahlil qilishga xizmat

qiladi. Bunday modellar real tizimni soddalashtiradi va qo‘shimcha biologik omillar kiritilsa yanada takomillashtirilishi mumkin.

6. EKOLOGIK TIZIMLARDA BARQARORLIK

Dinamik modelning muhim vazifalaridan biri tizimning muvozanat holatlari va ularning barqarorligini aniqlashdir. Muvozanat nuqtasida tizimning asosiy o‘zgaruvchilari vaqt bo‘yicha o‘zgarmas holatga keladi. Agar kichik tashqi ta’sirdan so‘ng tizim yana muvozanatga qaytsa, bunday holat barqaror deb qaraladi.

Barqarorlikni o‘rganishda differensial tenglamalar tizimining muvozanat nuqtalari, xususiy qiymatlari va fazaviy trayektoriyalaridan foydalanish mumkin. Zamonaviy ekologik modellashtirishda barqarorlik masalalari populyatsiya dinamikasi, resurs taqsimoti va ekologik muvozanatni baholash bilan bog‘lanadi.

7. AYIRMALI TENGLAMALAR VA DISKRET MODELLAR

Agar ekologik kuzatuvlar yil, oy yoki kun kabi diskret vaqt oralig‘ida olib borilsa, ayirmali tenglamalardan foydalanish qulay. Masalan, populyatsiyaning sodda diskret modeli:

$$N_{t+1} = N_t + rN_t(1 - N_t/K)$$

Bunday modellar iteratsion hisoblash orqali keyingi davrlardagi holatlarni aniqlashga imkon beradi. Parametrlarning qiymatiga qarab tizim barqarorlik, tebranish yoki murakkab dinamik xatti-harakatlarni namoyon qilishi mumkin.

8. MODDA VA ENERGIYA OQIMLARINI MODELLASHTIRISH

Ekotizimlarda energiya va moddalarning oqimi ham dinamik modellar yordamida ifodalanadi. Masalan, suv, uglerod, azot yoki boshqa moddalarning bir komponentdan ikkinchisiga o‘tishi differensial tenglamalar tizimi orqali tavsiflanishi mumkin. Bunday modelda har bir komponent uchun kirish, chiqish, ishlab chiqarish va sarflanish oqimlari hisobga olinadi.

Ekologik tizimlarning ichki tuzilishi va komponentlari o‘rtasidagi oqimlarni to‘g‘ri aniqlash modelning ishonchliligi uchun muhimdir. Ekologik jarayonlarni modellashtirishda obyektning asosiy komponentlari, oqimlar va o‘zaro ta’sirlarni hisobga olish zarurligi ta’kidlanadi.

9. KOMPYUTER SIMULYATSIYASI

Murakkab ekologik tizimlarda analitik yechim olish qiyin bo‘lishi mumkin. Bunday holatda kompyuter simulyatsiyasi qo‘llanadi. Simulyatsion modelda tenglamalar, matritsalar, mantiqiy qoidalar, grafiklar va ma’lumotlar bazalaridan foydalanish mumkin. Natijada turli ssenariylarni tezda sinab ko‘rish va tizimning ehtimoliy rivojlanishini baholash imkoniyati paydo bo‘ladi.

Masalan, iqlim omilining o‘zgarishi, suv resurslarining kamayishi yoki populyatsiyaga antropogen bosimning ortishi kabi ssenariylar alohida parametrlar orqali modelga kiritilib, tizimning kelajakdagi holati taqqoslanishi mumkin.

10. MODEL PARAMETRLARINI ANIQLASH VA TEKSHIRISH

Modelning amaliy qiymati uning real kuzatuv ma’lumotlariga qanchalik mos kelishiga bog‘liq. Shu sababli parametrlarni baholash, modelni kalibrlash va

validatsiya qilish muhim bosqichlar hisoblanadi. Kuzatuv ma’lumotlari bilan model natijalari taqqoslanib, xatolik ko‘rsatkichlari hisoblanadi.

Agar model natijalari real ma’lumotlardan sezilarli farq qilsa, model tuzilmasi yoki parametrlar qayta ko‘rib chiqiladi. Zamonaviy yondashuvlarda statistik usullar, ehtimollar nazariyasi, agentga asoslangan modellar va mashinani o‘rganish kabi vositalar ekologik jarayonlarni tahlil qilishda qo‘llanilishi mumkin.

11. DINAMIK MODELLASHTIRISHNING AMALIY AHAMIYATI

Ekologik tizimlarni dinamik modellashtirishning amaliy ahamiyati juda keng. U quyidagi vazifalarni hal qilishga yordam beradi:

- populyatsiyalar sonining kelajakdagi o‘zgarishini prognozlash;
- yo‘qolib ketish xavfi mavjud bo‘lgan turlar holatini baholash;
- tabiiy resurslardan foydalanishning turli ssenariylarini taqqoslash;
- ifloslanish va antropogen bosimning ekologik oqibatlarini baholash;
- ekotizim barqarorligini aniqlash;
- tabiatni muhofaza qilish bo‘yicha boshqaruv qarorlarini ilmiy asoslash.

12. AFZALLIKLAR VA CHEKLOVLAR

Dinamik modellashtirishning asosiy afzalligi – murakkab ekologik jarayonlarni matematik shaklda ifodalash va turli ssenariylarni taqqoslash imkoniyatidir. Model yordamida tajribada bevosita sinab ko‘rish qiyin yoki qimmat bo‘lgan sharoitlarni kompyuterda tekshirish mumkin.

Shu bilan birga, har qanday model soddalashtirilgan tasvirdir. Parametrlarning noto‘g‘ri tanlanishi, ma’lumotlarning yetishmasligi yoki muhim omillarning hisobga olinmasligi model natijalarining aniqligini kamaytiradi. Shuning uchun matematik modelni ekologik kuzatuv va tajriba natijalari bilan birgalikda qo‘llash maqsadga muvofiq.

XULOSA: Ekologik tizimlarni dinamik modellashtirish ekologik jarayonlarni vaqt bo‘yicha o‘rganish, tizimning muvozanat va barqarorlik holatlarini aniqlash hamda kelajakdagi o‘zgarishlarni prognozlash uchun samarali ilmiy vositadir. Eksponensial va logistik modellar populyatsiya o‘sishining asosiy qonuniyatlarini ifodalasa, Lotka–Volterra modeli turlararo munosabatlarni tahlil qilish imkonini beradi. Ayirmali tenglamalar diskret kuzatuvlar uchun qulay bo‘lib, kompyuter simulyatsiyasi esa murakkab tizimlar va ko‘p sonli ssenariylarni tahlil qilish imkoniyatini kengaytiradi. Kelgusida ekologik modellarni fazoviy omillar, mavsumiylik, tasodifiy ta’sirlar, iqlim o‘zgarishi va inson faoliyati kabi omillarni hisobga olgan holda takomillashtirish mumkin. Shu tariqa dinamik modellashtirish ekologik xavflarni oldindan baholash va barqaror rivojlanish bo‘yicha qarorlarni ilmiy asoslashda muhim ahamiyat kasb etadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1.Karimov M., Karimova Sh. Idempotent o‘lchovlar simpleksida aniqlangan chiziqli operatorlar dinamikasining ekologik modellashtirishdagi tatbiqi. Muhandislik va Iqtisodiyot, 2026.

2.Abdishukurov B.D., Eshmamatova D.B. Ayirmali tenglamalari asosida

iqtisodiy va ekologik tizimlarni modellashtirish. Journal of International Scientific Research, 2025.

3.Temirshoyeva D.B., Abduraxmanova N.A. Matematik modellashtirish orqali ekologik jarayonlarni tahlil qilish usullari. Research and Education, 2025.

4.Ekologiyada matematik modellari. O‘quv-uslubiy material. Odum Yu. Ekologiya. Moskva: Mir, 1986.

UCH QATLAMLI FUNDAMENTSIMON PLITALARNING ЕЛАСТИҠ ASOS BILAN KONTAKT MUNOSABATIGA OID MASALANING MATEMATIK MODELLASHTIRILISHI VA KO‘PHADLARGA ASOSLANGAN YECHISH USULI

K.Mamasoliev, Samarqand davlat texnika universiteti professori, f.-m.f.d.
J.A.Sindarov, Samarqand davlat texnika universiteti katta o‘qituvchisi

Annotatsiya. Uch qatlamli plitalarning chiziqli deformatsiyalanuvchi elastik asos bilan ikki tomonlama uzluksiz kontakt munosabatiga oid masala qaraladi. Muvozanat shartlari asosida masalani yechuvchi tenglamalar sistemasi tuziladi va sistemaning umumiy holdagi analitik yechimlari topiladi. Masalaning yechilishda amaliy ahamiyati keng qamrovlili bo‘lgan maxsus ortagonal ko‘phadlarning tadbiqlariga asoslangan.

Kalit so‘zlar. Uch qatlamli, kontakt munosabat, fundamentsimon, ortagonal ko‘phad, integro-differensial tenglama.

Elastik chiziqli deformatsiyalanadigan asosda yotuvchi uch qatlamli fundamentsimon balka plitalardan iborat konstruksiy qaraladi. Asos bilan bevosita uzliksiz ikki tomonlama kontakt munosabatda bo‘lgan fundamentsimon plitani birinchi, uning ustida joylashgan plitani ikkinchi plita deb nomlaymiz. Plitalarning parametrlarini bildiruvchi belgilashlarda belgining indeksida 1, 2 raqamlar belgi qaysi plitaga tegishli ekanligini bildiradi. Har ikki plita bir xil $2l$ uzunlikga, eni bir birlik kenglikga va turli h_1, h_2 balandliklarga ega bo‘lsin deb qabul qilamiz. Plitalar orasiga elastik to‘ldiruvchi (bog‘lavchi) qatlam joylashtirilgan bo‘lib, yuqorida joylashgan plitaga vertikal yo‘naltirilgan tashqi q kuch qo‘yilgan deb faraz qilamiz. Plitalarning egilishlarini W_1, W_2 orqali, elastik asosning asos bilan kontaktdagi plitaga bo‘lgan reaktiv bosimini p orqali, to‘ldiruvchi qatlamning plitalarga beradigan reaktiv bosimini p_z orqali belgilaymiz. Qulaylik maqsadida to‘g‘ri burchakli dekart koordinatalar sistemasining boshini plitalarning simmtriya markazi bo‘ylab joylashtiramiz.

Qaralayotgin konstruksiyaning muvozanat shartidan quyidagi tengliklarni olamiz:

$$D_1 W_1^{IV}(x) = p_z(x) - p(x);$$
$$D_2 W_2^{IV}(x) = q(x) - p_z(x), \quad -l \le x \le l.$$

Bu erda D_1, D_2 qaralayotgan plitalarning bikirlik koeffitsientlari.

Simmerman-Vinklar gipotezasiga muvofiq to‘ldiruvchi qatlamning reaktiv bosimini plitalarning egilishlari farqiga praporsional deb $p_z = k_1(y_2 - y_1)$ ko‘rinishda olamiz. Qulaylik uchun birlik koordinatalar sistemasida ish yuritamiz. U holda muvozanat tenglamalari quyidagi ko‘rinishga o‘tadi.

$$\frac{D_2}{l^4} W_2^{IV} = q - k_1(W_2 - W_1);$$

$$\frac{D_1}{l^4} W_1^{IV} = k_1(W_2 - W_1) - p, \quad -1 \le x \le 1. \qquad (1)$$

Differensial tenglamalar (1) sistemasining umumiy yechimi quyidagicha bo‘ladi:

$$W_1 = l^4(D_1 + D_2)^{-1}\left\{\sum_{i=1}^{4} C_i \frac{x^{4-i}}{(4-i)!} - D_2 l^{-4} \sum_{i=1}^{4} C_{4+i} u_i(\alpha x) + \right.$$

$$\left. + f_q(x) - D_2 l^{-4} \psi_q(x) - f_p(x) - D_2 l^{-4} \varphi_p(x)\right\}; \qquad (2)$$

$$W_2 = l^4(D_1 + D_2)^{-1}\left\{\sum_{i=1}^{4} C_i \frac{x^{4-i}}{(4-i)!} + D_1 l^{-4} \sum_{i=1}^{4} C_{4+i} u_i(\alpha x) + \right.$$

$$\left. + f_q(x) + \psi_q(x) - f_p(x) + D_1 l^{-4} \varphi_p(x)\right\}. \qquad (3)$$

Bu erda

C_i – integrallash o‘zgarmaslari;

$$f_q^{IV}(x) = q(x); \quad f_p^{IV}(x) = p(x); \qquad (4)$$

$u_i(\alpha x)$ – ma’lum funksiyalar bo‘lib

$$\left.\begin{array}{ll} u_1(\alpha x) = ch\alpha x \cdot \cos \alpha x; & u_2(\alpha x) = ch\alpha x \cdot \sin \alpha x + sh\alpha x \cdot \cos \alpha x \\ u_3(\alpha x) = sh\alpha x \cdot \sin \alpha x; & u_4(\alpha x) = ch\alpha x \cdot \sin \alpha x - sh\alpha x \cdot \cos \alpha x \end{array}\right\} \qquad (5)$$

ko‘rinishlarga ega. Keltirilgan (5) ko‘rinishdagi funksiyalarning hosilalari uchun quyidagi munosabatlar o‘rinli:

$$u_1'(\alpha x) = -\alpha u_4(\alpha x); \; u_2'(\alpha x) = 2\alpha u_1(\alpha x);$$
$$u_3'(\alpha x) = \alpha u_2(\alpha x); \; u_4'(\alpha x) = 2\alpha u_3(\alpha x);$$
$$u_1''(\alpha x) = -\alpha^2 u_3(\alpha x); \; u_2''(\alpha x) = -2\alpha^2 u_4(\alpha x);$$
$$u_3''(\alpha x) = 2\alpha^2 u_1(\alpha x); \; u_4''(\alpha x) = 2\alpha^2 u_2(\alpha x);$$
$$u_1'''(\alpha x) = -2\alpha^3 u_2(\alpha x); \; u_2'''(\alpha x) = -4\alpha^3 u_3(\alpha x);$$
$$u_3'''(\alpha x) = -2\alpha^3 u_4(\alpha x); \; u_4'''(\alpha x) = 4\alpha^3 u_1(\alpha x);$$
$$u_1^{IV}(\alpha x) = -4\alpha^4 u_1(\alpha x); \; u_2^{IV}(\alpha x) = -4\alpha^4 u_2(\alpha x);$$
$$u_3^{IV}(\alpha x) = -4\alpha^4 u_3(\alpha x); \; u_4^{IV}(\alpha x) = -4\alpha^4 u_4(\alpha x).$$

$\psi_q(x), \varphi_p(x)$ – funksiyalar quyidagi ko‘rinishlarga ega:

$$\psi_q(x) = \frac{l^4}{4\alpha^3} \int_0^x u_4[\alpha(x-s)] D_1^{-1} q(s) ds, \qquad (6)$$

$$\varphi_p(x) = \frac{l^4}{4\alpha^3}\int_0^x u_4[\alpha(x-s)]D_1^{-1}p(s)ds, \qquad (7)$$

Plitalarni ko‘tarib turgan elastik asos grunti bir jinsli bo‘lganda asosning $V(x)$ cho‘kishini gruntning $p(x)$ bosimi bilan ifodalovchi tenglik Gorbunom-Pasadom gipotezasiga muvofiq quyidagi ko‘rinishda olinadi:

$$V(x) = \frac{2l(1-v_0^2)}{\pi E_0}\int_{-l}^{l} p(s)ln\frac{1}{|x-s|}ds. \qquad (8)$$

Birinchi fundamentsimon plitaning sirti bilan asosning ikki tomonlama kontakt munosabatini kontakt shart sifatida quyidagicha yozib olamiz:

$$y_1(x) = V(x), \quad -1 \le x \le 1\,. \qquad (9)$$

Asosning reaktiv bosimining tarqalish qonuniyatini Chebishevning noma’lum koeffitsientli ortogonal ko‘phadlarining qatori ko‘rinishida qabul qilamiz:

$$p(x) = \rho(x)\sum_{n=0}^{\infty} A_n T_n(x)\,, \rho(x) = (1-x^2)^{-\frac{1}{2}}. \qquad (10)$$

Bu erda $T_n(x)-$ Chebishevning birinchi tur ortogonal ko‘phadi; A_n- noma’lum koeffitsient; $\rho(x)-$ ko‘phadning vazn funksiyasi. (10) formulani inobatga olsak, asosning cho‘kishini ifodalovchi quyidagi

$$V = \pi\frac{2l(1-v_0^2)}{\pi E_0}\left[-A_0 ln2 + \sum_{n=1}^{\infty}\frac{A_n T_n(x)}{n}\right] \qquad (11)$$

formulaga ega bo‘lamiz.

Yozilgan (10) tenglik inobatga olinganda (4) va (7) formulalar quyidagi ko‘rinishlarga ega bo‘ladi:

$$f_p(x) = \sum_{n=0}^{\infty} A_n f_n(x)\,; \qquad (12)$$

$$\varphi_p(x) = \sum_{n=0}^{\infty} A_n \varphi_n(x). \qquad (13)$$

Bu yerda

$$\varphi_n(x) = \frac{l^4}{D_1}\cdot\frac{1}{4\alpha^3}\int_0^x u_4[\alpha(x-z)](1-z^2)^{-\frac{1}{2}}T_n(z)dz; \qquad (14)$$

$$f_n(x) = \frac{1}{2^4 n(n-1)(n-2)(n-3)}(1-x^2)^{\frac{7}{2}}P_{n-4}^{\left(\frac{7}{2},\frac{7}{2}\right)}(x), \quad n>3; \qquad (15)$$

$P_n^{(\alpha,\beta)}(x)-$ Yakobining ortogonal ko‘phadi. Yozilgan (12), (13) formulalarni (2), (3) formulalarga qo‘yib, quyidagi tengliklarni yozish mumkin:

$$W_1 = l^4(D_1 + D_2)^{-1}\left\{\sum_{i=1}^{4} C_i \frac{x^{4-i}}{(4-i)!} - D_2 l^{-4} \sum_{i=1}^{4} C_{4+i}\, u_i(\alpha x) + \right.$$

$$\left. + f_q(x) - D_2 l^{-4} \varphi_q(x) - \sum_{n=0}^{\infty} A_n \left[f_n(x) - D_2 l^{-4} \varphi_n(x)\right]\right\}, \qquad (16)$$

$$W_2 = l^4(D_1 + D_2)^{-1}\left\{\sum_{i=1}^{4} C_i \frac{x^{4-i}}{(4-i)!} + D_2 l^{-4} \sum_{i=1}^{4} C_{4+i}\, u_i(\alpha x) + \right.$$

$$\left. + f_q(x) + D_2 l^{-4} \varphi_q(x) - \sum_{n=0}^{\infty} A_n \left[f_n(x) - D_2 l^{-4} \varphi_n(x)\right]\right\}, \qquad (17)$$

Fundamentsimon balka–plitalarning egilishini aniqlovchi (16), (17) formulalar balka-plitalarning ixtiyoriy qonuniyat orqali berilgan tashqi kuchlar bilan yuklangandagi, shuningdek balka-plitalarning va ular orasidagi to‘ldiruvchining ixtiyoriy olinadigan bikirlik koeffitsientlari uchun umumiy xarakterga ega. Ulardagi C_i integrallash o‘zgarmaslari tashqi kuchning aniq berilgan qonuniyatiga muvofiq chegara shartlardan foydalanib topiladi. (10) qatorning noma’lum A_n koeffitsientlari masalaning (9) chegara shartlaridan foydalanib aniqlanadi.

Xulosa

1. Elastik asosda yotuvchi fundamentsimon qatlamli balka-plitalar egilishining asos cho‘kishi bilan bog‘langan holatidagi masala matemanik modellashtirilgan.

2. Chebishev ortogonal ko‘phadlarning tadbiqiga asoslangan analitik ko‘rinishdagi umumiy yechimlar sistemasi olingan.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Абрамовиц М., Стегун И. Справочник по специальным функциям. Москва: Наука, 1979. – 832 с.

2. Вальтерра В. Теория функционалов, интегральных и интегро-дифференциальных уравнений. Москва: Наука, 1982.

3. Mirsaidov M.M., Mamasoliev K., Sindarov J.A. Estimation of flexural deformation of three-layer plates interacting with an elastic half-space. AIP Conference Proceedings 3244 USA Doi:10.1063/5.0242467

2024, 020056-1–020056-11 https://doi.org/10.1063/5.0242467

4. Mirsaidov M.M., Mamasoliev K., Sindarov J.A. Estimation of Internal Forces of Three-Layer Plates Under Generally Symmetrical Loading. AIP Conf. Proc. 3405, 170001 (2026) https://doi.org/10.1063/12.0043292

HUDUDLARNING INVESTITSION SALOHIYATINI RIVOJLANTIRISHNING NAZARIY VA USLUBIY ASOSLARI

Muxamadjanov Shaxriyor Solijon o‘g‘li Ta‘limni rivojlantirish respublika ilmiy-metodik markazi boshqarma boshlig‘i, i.f.f.d (PhD), dotsent

Annotatsiya. Mazkur maqolada hududlarning iqtisodiy-ijtimoiy rivojlanishida investitsiyalarni jalb qilishning ilmiy-nazariy qarashlari va metodologik asoslari tadqiq etiladi. Investitsiyalarning hududiy iqtisodiyot barqaror o‘sishidagi roli, ularni jalb qilishga ta'sir etuvchi omillar tizimi, tasnifiy belgilari va shakllari ilmiy jihatdan tahlil qilinadi. Tadqiqotda muallif tomonidan ishlab chiqilgan tasnif sxemalari asosida hududlarning iqtisodiy-ijtimoiy rivojlanish xususiyatlari va investitsion muhitni shakllantiruvchi omillar ko‘rib chiqiladi.

Kalit so‘zlar: investitsiyalar, hududiy rivojlanish, investitsion jozibadorlik, iqtisodiy-ijtimoiy rivojlanish, xorijiy to‘g‘ridan-to‘g‘ri investitsiyalar, davlat-xususiy sheriklik, erkin iqtisodiy zonalar, tasnifiy belgilar, investitsiya shakllari.

Hududlarga investitsiyalarni jalb qilish zamonaviy iqtisodiy siyosatning eng muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Chunki investitsiyalar hududiy iqtisodiyotning barqaror o‘sishini ta'minlaydi, yangi ish o‘rinlarini yaratadi, ishlab chiqarish quvvatlarini kengaytiradi hamda infratuzilmani rivojlantirishga xizmat qiladi. Ayniqsa, global iqtisodiy integratsiya sharoitida hududlar o‘rtasidagi raqobat kuchayib borayotgan bir davrda investitsiyalarni samarali jalb etish har bir mamlakat va uning hududlari uchun ustuvor vazifaga aylanmoqda. Hududiy rivojlanishda investitsiyalarning ahamiyati shundaki, ular iqtisodiyotning real sektorini moliyaviy resurslar bilan ta'minlaydi. Natijada yangi sanoat korxonalari tashkil etiladi, mavjudlari modernizatsiya qilinadi va innovatsion texnologiyalar joriy etiladi. Bu esa o‘z navbatida mahsulotlar sifatini oshirish, eksport salohiyatini kuchaytirish va import o‘rnini bosuvchi ishlab chiqarishni rivojlantirish imkonini beradi. Shu bois investitsiyalarni hududlarga jalb qilish faqat iqtisodiy o‘sish emas, balki iqtisodiy xavfsizlikni ta'minlashning ham muhim omili sifatida qaraladi.

Hududiy rivojlanish va investitsiyalar o‘rtasidagi bog‘liqlikni o‘rganish iqtisodiy nazariyada uzoq tarixga ega. Keyns investitsiyalarni iqtisodiy o‘sishning asosiy harakatlantiruvchi kuchi sifatida ta'riflab, multiplikator effektini ilmiy jihatdan asoslab bergan. Ushbu g‘oya hududiy iqtisodiyotga tatbiqan ko‘rib chiqilganda, investitsiyalar jalb qilingan hududda daromad va ish o‘rinlarining zanjirli ko‘payishini izohlab beradi [1].

Porter raqobatbardoshlik “Olmos modeli” doirasida hududiy investitsion jozibadorlikni omil sharoitlari, talab sharoitlari, tegishli tarmoqlar va firma strategiyasi nuqtai nazaridan tahlil qilgan [2]. Dunning OLI paradigmasi (egalik, joylashuv va ichkilashtirish ustunliklari) xorijiy to‘g‘ridan-to‘g‘ri investitsiyalarning hududlarga oqib kelish sabablarini tushuntiruvchi nazariy asos sifatida keng qo‘llanilmoqda [3].

Milliy tadqiqotchilar orasida Qodirov O‘zbekiston hududlarida investitsion muhit ko‘rsatkichlarini baholashning metodologik yondashuvlarini ishlab chiqqan [4]. Xoliqov va Toshmatov esa erkin iqtisodiy zonalarning hududiy rivojlanishdagi roliga bag‘ishlangan empirik tadqiqot o‘tkazib, zonalar investitsiya jalb qilishni 2,5 barobarga oshirganini aniqlagan [5]. UNCTAD jahon

miqyosida erkin iqtisodiy zonalar hududlararo investitsiya nomutanosibligini kamaytirishning samarali vositasi ekanligini tasdiqlagan [6].

Mazkur nazariy yondashuvlarning tahlili investitsiyalarning hududiy joylashuvi faqat iqtisodiy rentabellik bilan emas, balki institutsional muhit, infratuzilma, resurs salohiyati va hududning raqobat ustunliklari bilan ham belgilanishini ko‘rsatadi. Shu bois hududiy investitsion jozibadorlikni alohida omillar emas, balki o‘zaro bog‘liq omillar tizimi sifatida tadqiq etish maqsadga muvofiq.

Hududlarning investitsion salohiyati ularning tabiiy-resurs bazasi, iqtisodiy ixtisoslashuvi, demografik salohiyati, infratuzilma rivoji va institutsional muhitiga ko‘ra farqlanadi. Shu sababli investitsiyalarni jalb qilish mexanizmlarini ishlab chiqishda hududlarning individual iqtisodiy xususiyatlarini hisobga olish zarur.

Iqtisodiy-ijtimoiy rivojlanishi ko‘plab omillar ta'sirida shakllanadigan murakkab va ko‘p qirrali jarayon hisoblanadi. Tabiiy-geografik sharoit, resurs salohiyati, iqtisodiy ixtisoslashuv hamda infratuzilma darajasi hududlarning rivojlanish sur'atlarini belgilovchi asosiy omillar sifatida namoyon bo‘ladi. Shu bilan birga, aholi soni, urbanizatsiya darajasi va mehnat resurslarining sifati hududiy iqtisodiyotning samaradorligiga sezilarli ta'sir ko‘rsatadi. Hududlar o‘rtasidagi tafovutlarning mavjudligi ayrim hududlarda iqtisodiy faollikning yuqori bo‘lishiga, boshqalarida esa rivojlanish sur'atlarining sustlashishiga olib keladi. Bu esa migratsiya oqimlari, bandlik muammolari va ijtimoiy tengsizlik kabi salbiy holatlarni yuzaga keltirishi mumkin. Mazkur muammolarni bartaraf etishda davlatning hududiy siyosati, infratuzilmaviy loyihalar, investitsiya dasturlari hamda biznes muhitini yaxshilashga qaratilgan islohotlari muhim ahamiyat kasb etadi.

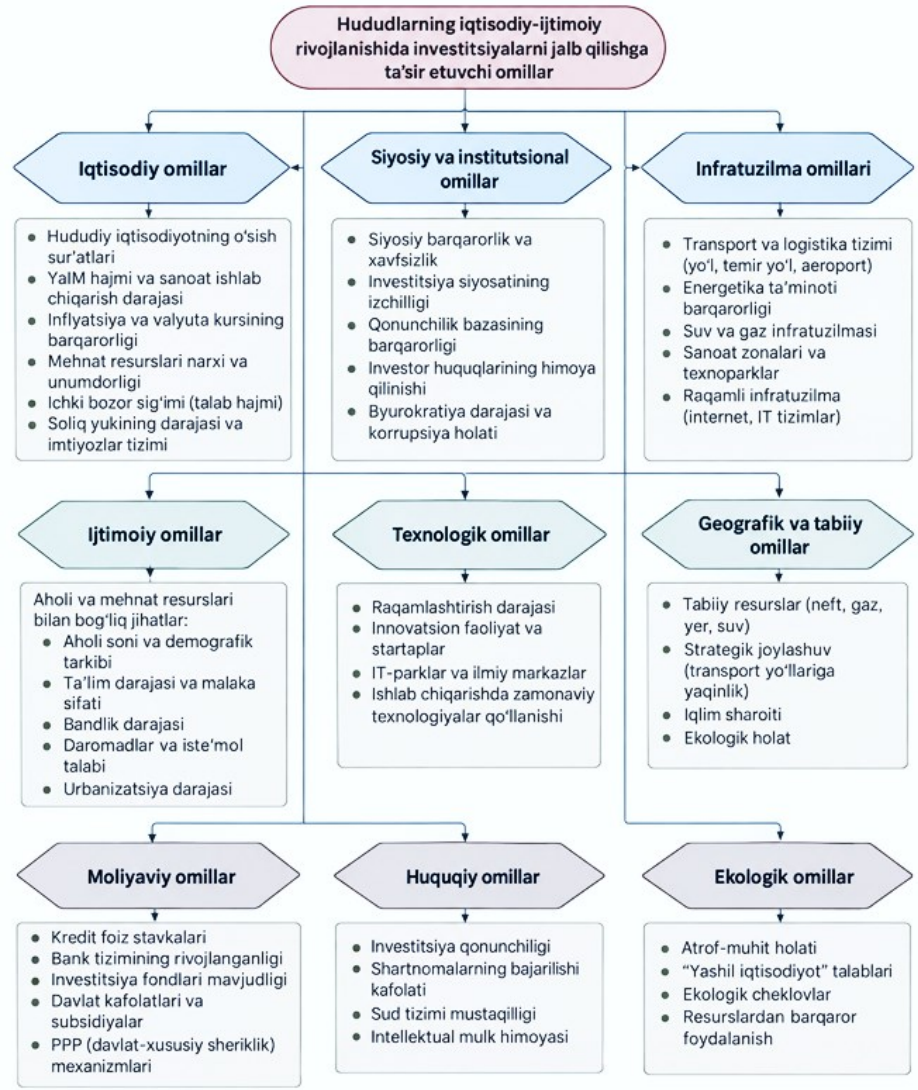
Bugungi kunda hududiy investitsiya siyosatini shakllantirishda davlatning roli beqiyosdir. Davlat tomonidan yaratilayotgan qulay biznes muhiti, erkin iqtisodiy zonalar, kichik sanoat zonalari va maxsus investitsiya dasturlari hududlarga investitsiyalar oqimini ko‘paytirishga xizmat qilmoqda. Xususan, infratuzilmani rivojlantirish, byurokratik to‘siqlarni kamaytirish, yer ajratish va ruxsat berish jarayonlarini soddalashtirish kabi chora-tadbirlar investorlar uchun muhim rag‘batlantiruvchi omillar hisoblanadi. Shuningdek, hududlar o‘rtasida investitsiyalarni jalb qilish bo‘yicha raqobat mavjudligi ham alohida e'tiborga loyiq. Har bir hudud o‘zining ustunliklarini namoyish etish, investorlarga qo‘shimcha qulayliklar yaratish orqali ko‘proq kapital jalb qilishga intiladi. Bu jarayonda hududiy marketing, investitsiya loyihalarini sifatli ishlab chiqish va ularni xalqaro maydonda targ‘ib qilish muhim ahamiyatga ega.

O‘zbekiston sharoitida ham hududlarga investitsiyalarni jalb qilish iqtisodiy siyosatning ustuvor yo‘nalishlaridan biri sifatida qaralmoqda. So‘nggi yillarda amalga oshirilayotgan islohotlar natijasida investitsiya muhiti sezilarli darajada yaxshilandi. Hududlarda yangi sanoat korxonalari tashkil etilmoqda, eksport hajmi ortmoqda va yangi ish o‘rinlari yaratilmoqda. Shu bilan birga, ayrim

hududlar o‘rtasida investitsiya jalb qilish darajasida nomutanosibliklar saqlanib qolmoqda, bu esa hududiy rivojlanish strategiyalarini yanada takomillashtirishni talab etadi.

Hududlarning iqtisodiy-ijtimoiy rivojlanishida investitsiyalarni jalb qilish jarayoni ko‘plab ichki va tashqi omillar ta'sirida shakllanadigan murakkab tizim hisoblanadi. Investitsiyalar oqimi va ularning samaradorligi hududning iqtisodiy salohiyati, siyosiy barqarorligi, infratuzilma darajasi hamda ijtimoiy va texnologik rivojlanish ko‘rsatkichlariga bevosita bog‘liqdir. Shu sababli investitsiya muhitini shakllantirish va uni baholashda turli omillarni kompleks tahlil qilish muhim ahamiyat kasb etadi [7].

Yuqoridagi nazariy yondashuvlarni tizimlashtirish asosida hududlarga investitsiyalarni jalb qilishga ta’sir etuvchi omillar bir necha o‘zaro bog‘liq guruhlarga ajratildi. Ularning tarkibi quyidagi rasmda keltirilgan.



1-rasm. Hududlarning iqtisodiy-ijtimoiy rivojlanishida investitsiyalarni jalb qilishga ta’sir etuvchi omillar (Muallif tomonidan tayyorlangan)

Hududlarning iqtisodiy-ijtimoiy rivojlanishida investitsiyalarni jalb qilishga

ta'sir etuvchi omillar o‘zaro bog‘liq va kompleks tizimni tashkil etadi. Iqtisodiy omillar, jumladan YaIM o‘sishi, inflyatsiya darajasi, soliq yukining og‘irligi va ichki bozor sig‘imi investitsiya daromadliligini belgilaydi. Siyosiy va institutsional omillar esa barqarorlik, qonunchilik sifati va investor huquqlarining himoyasi orqali investitsion muhit ishonchliligini ta'minlaydi. Infratuzilma, texnologik va moliyaviy omillar investitsiya loyihalarining samaradorligi va amalga oshirish tezligiga bevosita ta'sir ko‘rsatadi. Ijtimoiy omillar, xususan aholi soni, malaka darajasi va iste'mol talabi esa hududning ishlab chiqarish va xizmat ko‘rsatish salohiyatini belgilaydi. Shuningdek, geografik, ekologik va huquqiy omillar investitsiya risklari va uzoq muddatli barqarorlikka ta'sir qiladi.

Umuman olganda, ushbu omillarni tizimli ravishda hisobga olish hududlarda investitsion muhitni yaxshilash, iqtisodiy o‘sishni jadallashtirish va aholi farovonligini oshirishga xizmat qiladi. Shu asosda hududlarning barqaror iqtisodiy-ijtimoiy rivojlanishini ta'minlash mumkin bo‘ladi. Hududlarning iqtisodiy-ijtimoiy rivojlanishida investitsiyalarni jalb qilish jarayoni murakkab va ko‘p qirrali tizim bo‘lib, u turli mezonlar asosida tasniflanishi mumkin. Investitsiyalarni to‘g‘ri tasniflash ularning iqtisodiy samaradorligini baholash, hududiy rivojlanish strategiyalarini ishlab chiqish hamda resurslardan oqilona foydalanishni ta'minlashda muhim ahamiyat kasb etadi. Shu nuqtai nazardan, investitsiyalarni manbasi, maqsadi, yo‘nalishi, mulk shakli, hududiy joylashuvi, muddati, risk darajasi va tarmoq bo‘yicha tahlil qilish dolzarb hisoblanadi.

Amalga oshirilgan tadqiqot asosida quyidagi xulosalar va amaliy tavsiyalar shakllandi.

Birinchidan, investitsiyalarni hududlarga jalb etish iqtisodiy barqarorlikning zaruriy sharti bo‘lib, u real iqtisodiyotni moliyaviy resurslar bilan ta'minlash, texnologiya va bilimlarni hududlarga olib kirish, yangi ish o‘rinlari yaratish kabi ko‘p tomonlama ijobiy ta'sir ko‘rsatadi.

Ikkinchidan, muallif tomonidan ishlab chiqilgan tasnifiy sxemalar ko‘rsatadiki, investitsiyalarni manbasi, maqsadi, shakli va tarmoq bo‘yicha to‘g‘ri tasniflash hududiy rivojlanish strategiyalarini aniq maqsadlarga yo‘naltirish imkonini beradi. Uchinchidan, investitsion jozibadorlikka ta'sir etuvchi omillar, xususan iqtisodiy, institutsional, infratuzilmaviy, ijtimoiy va geografik omillar bir-biri bilan uzviy bog‘liq bo‘lib, ularni kompleks tarzda takomillashtirish talab etiladi.

O‘zbekiston hududlarida investitsiya muhitini yaxshilash bo‘yicha quyidagilar tavsiya etiladi: kam rivojlangan hududlar uchun differensiallashgan soliq imtiyozlari tizimini kengaytirish; davlat-xususiy sheriklik mexanizmi asosida transport va logistika infratuzilmasini rivojlantirish; hududiy investitsiya portallarini raqamlashtirish va «bir darcha» xizmatlarini takomillashtirish; erkin iqtisodiy va kichik sanoat zonalarining barcha hududlarda, jumladan kam rivojlanganlarda ham faolligini oshirish. Mazkur tadqiqot natijalari hududiy rivojlanish siyosatini ishlab chiquvchi davlat organlari, investitsion muhitni o‘rganuvchi olimlar va tadqiqotchilar uchun metodologik asos bo‘lib xizmat

qilishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Keynes J. M. The General Theory of Employment, Interest and Money. London: Macmillan, 1936. 472 p.

2. Porter M. E. The Competitive Advantage of Nations. New York: Free Press, 1990. 855 p.

3. Dunning J. H. Multinational Enterprises and the Global Economy. Wokingham: Addison-Wesley, 1993. 687 p.

4. Qodirov A. A. O‘zbekiston hududlarida investitsion muhitni baholashning metodologik asoslari // Iqtisodiyot va innovatsion texnologiyalar. 2020. № 3. B. 78–91.

5. Xoliqov B. R., Toshmatov N. S. Erkin iqtisodiy zonalarning hududiy rivojlanishdagi roli: O‘zbekiston tajribasi // O‘zbekiston Milliy universiteti xabarlari. 2022. № 2. B. 112–124.

6. UNCTAD. World Investment Report 2023: Investing in Sustainable Energy for All. Geneva: United Nations, 2023. URL: https://unctad.org/wir2023

7. World Bank. Doing Business and Investment Climate Indicators. Washington, D.C.: World Bank Group, 2023. URL: https://www.worldbank.org

YASHIL IQTISODIYOTNI RIVOJLANTIRISH JARAYONLARINING MATEMATIK MODELLASHTIRILISHI

Quljanov Jaxongir Baxtiyorovich
SamISI Oliy matematika kafedrasi dotsenti

Annotatsiya. Mazkur maqolada yashil iqtisodiyotning barqaror rivojlanish jarayonlarini matematik modellashtirish usullari keng yoritiladi. Rivojlanish dinamikasini ifodalash uchun oddiy differensial tenglamalar, xususiy hosilali differensial tenglamalar, kasr tartibli tenglamalar, barqarorlik nazariyasi va diffuzion yondashuvlardan foydalanilgan. Hududiy iqtisodiy o‘sish, ekologik barqarorlik, innovatsion texnologiyalar va tabiiy resurslardan foydalanish intensivligi o‘rtasidagi o‘zaro ta’sir matematik model shaklida ifodalanadi. Model asosida yashil o‘sishga o‘tish shartlari, barqarorlik mezonlari va zarur parametrlar aniqlanadi. Shuningdek, kasr hosilali modellarning xotira effekti, fraktal tuzilmalar va fazoviy diffuziya jarayonlarini hisobga olish imkoniyatlari tahlil qilinadi. Olingan natijalar iqtisodiy qarorlar qabul qilish, mintaqaviy strategik rejalashtirish va ekologik siyosatni ilmiy asoslashda amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: yashil iqtisodiyot, mintaqa, matematik model, kasr hosila, xususiy hosilali tenglama, diffuziya, barqarorlik, nochiziqlilik, fraktallik, innovatsiya, ekologik muvozanat.

Kirish. Bugungi global iqtisodiy va ekologik muhitda insoniyat barqaror rivojlanishning yangi yo‘llarini izlashga majbur bo‘lmoqda. Iqlim o‘zgarishi, tabiiy resurslarning cheklanganligi, atrof-muhit ifloslanishining ortishi, biologik

xilma-xillikning kamayishi kabi omillar iqtisodiy o‘sishni faqatgina ekologik muvozanatni saqlagan holda amalga oshirish zarurligini ko‘rsatmoqda. Shu sababli so‘nggi yillarda “yashil iqtisodiyot” tushunchasi dolzarb ahamiyat kasb etib, iqtisodiy siyosat va ilmiy izlanishlarning muhim yo‘nalishiga aylangan.

Yashil iqtisodiyot – bu ekologik barqarorlikka asoslangan, resurslardan oqilona foydalanishni nazarda tutuvchi, iqtisodiy faoliyatni inson salomatligi va tabiatga zarar yetkazmasdan rivojlantirishga qaratilgan konsepsiyadir. Bunday iqtisodiyotni shakllantirishda ilmiy asoslangan qarorlar qabul qilish, murakkab o‘zaro bog‘liqliklarni aniqlash va bashorat qilish uchun matematik modellashtirish usullaridan foydalanish zarurati tug‘iladi.

Yashil iqtisodiyotning asosiy belgilari sifatida quyidagilarni ajratish mumkin: energiya va resurs samaradorligining oshishi, qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanishning kengayishi, chiqindilarning kamayishi, “yashil” texnologiyalar va innovatsiyalarning jadal tarqalishi, ekologik xizmatlarning iqtisodiy qimmatga ega bo‘lishi, ijtimoiy adolat va bandlikning barqarorligi. Bu omillar bir-biri bilan murakkab, ko‘pincha nochiziqli munosabatda bo‘ladi. Shu bois ularni oddiy chiziqli modellar yordamida to‘liq tasvirlash qiyin.

Mazkur maqolada yashil iqtisodiyotni rivojlantirish jarayonlarini matematik modellashtirish imkoniyatlari tahlil qilinadi. Ayniqsa, xususiy hosilali differensial tenglamalar, kasr tartibli modellar, barqarorlik nazariyasi va diffuziya jarayonlariga asoslangan yondashuvlar muhokama qilinadi. Mintaqaviy iqtisodiy tizimlar uchun yashil o‘sishni ifodalovchi matematik modellar quriladi hamda ularning iqtisodiy-ekologik barqarorlikka ta’siri o‘rganiladi. Maqolaning asosiy maqsadi – yashil o‘sish strategiyalarining samaradorligini oshirishga xizmat qiluvchi matematik vositalarni ishlab chiqish va takomillashtirishdan iborat [1].

Yashil iqtisodiyot jarayonlariga ustuvorlik berish mintaqaning uzoq muddatli barqaror rivojlanishini ta’minlovchi muhim omillardan biri ekanligi ilmiy jihatdan asoslab berilgan [2]. Ushbu tadqiqotning bosh maqsadi – yashil iqtisodiyotdagi muhim jarayonlarning umumlashtirilgan matematik modelini ishlab chiqishdan iborat. Bunda asosiy e’tibor yashil iqtisodiyotni shakllantirishga kuchli ta’sir ko‘rsatuvchi yo‘nalishlarni aniqlash va ularning murakkab, nochiziqli xususiyatlarini xususiy hosilali tenglamalar nazariyasi orqali matematik jihatdan ifodalashga qaratilgan.

Adabiyotlar tahlili. Yashil iqtisodiyotni modellashtirish bo‘yicha ilmiy adabiyotlarda turli yondashuvlar mavjud. Ulardan biri iqtisodiy o‘sish, resurs sarfi va ekologik zarar o‘rtasidagi bog‘liqlikni makroiqtisodiy ishlab chiqarish funksiyalari orqali ifodalashga asoslanadi. Boshqa yondashuvlar ekologik barqarorlikni dinamik tizim sifatida qaraydi va differensial tenglamalar yordamida vaqt bo‘yicha o‘zgarishlarni tavsiflaydi.

Ayrim zamonaviy tadqiqotlar yashil iqtisodiyotda diffuzion jarayonlarni – ya’ni innovatsiyalar va texnologiyalar tarqalishini – modellashtirish uchun tarmoq nazariyasi va sinergetik yondashuvlardan foydalanmoqda [1]. Bu metodlar yordamida iqtisodiyotning turli segmentlari o‘rtasidagi murakkab o‘zaro ta’sirlar

aniqlanadi va bashorat qilinadi. Xususan, innovatsion texnologiyalarning bir mintaqadan boshqasiga tarqalishi, “yashil” investitsiyalarning oqimi, ekologik bilim va tajriba almashinuvi diffuziya tenglamalari orqali ifodalanishi mumkin.

Vukovich [2] yashil iqtisodiyot tushunchasining ta’rifi va zamonaviy ekoloro-ekonomik modelini tahlil qilgan. Uning ishida yashil iqtisodiyot nafaqat ekologik, balki iqtijodiy va ijtimoiy jihatdan ham barqaror rivojlanish modeli sifatida talqin etiladi. Bu esa yashil o‘sishni modellashtirishda bir necha o‘zgaruvchili tizimlardan foydalanish zarurligini ko‘rsatadi.

Shuningdek, kasr tartibli hosilalar nazariyasi so‘nggi yillarda iqtisodiy jarayonlarni modellashtirishda keng qo‘llanilmoqda. Kasr hosilalar xotira effektini, ya’ni o‘tgan davrlardagi holatlarning hozirgi rivojlanishga ta’sirini hisobga olish imkonini beradi. Bu xususiyat yashil iqtisodiyot kabi uzoq muddatli, sekin o‘zgaruvchan va tarixiy omillarga bog‘liq tizimlar uchun juda muhimdir.

Tadqiqot metodologiyasi. Tadqiqotda tizimli yondashuv, matematik modellashtirish, sifat va miqdoriy tahlil usullari qo‘llaniladi. Yashil iqtisodiyotni rivojlantirish jarayoni ko‘p omilli dinamik tizim sifatida qaraladi. Bunda asosiy o‘zgaruvchilar sifatida quyidagilar tanlanadi:

$Y(t,x)$ – yashil iqtisodiy mahsulot yoki yashil o‘sish darajasi;

$K(t,x)$ – yashil kapital (ekologik investitsiyalar, infratuzilma);

$E(t,x)$ – ekologik sifat darajasi;

$I(t,x)$ – innovatsion texnologiyalar darajasi;

$R(t,x)$ – tabiiy resurslardan foydalanish intensivligi.

bu yerda t – vaqt, x – fazoviy koordinata (mintaqa yoki hudud). Jarayonlarning fazoviy tarqalishini hisobga olish uchun diffuzion hadlar, ya’ni $\Delta Y,\Delta K,\Delta E,\Delta I,\Delta R$ kiritiladi. Bu hadlar innovatsiyalar, ekologik normalar va iqtisodiy faollikning hududlar bo‘ylab tarqalishini ifodalaydi.

Modelni umumiy ko‘rinishda quyidagi xususiy hosilali differensial tenglamalar tizimi orqali yozish mumkin:

$$\frac{\partial Y}{\partial t} = \alpha_1 I + \alpha_2 K - \alpha_3 R - \alpha_4 (1 - E) + D_Y \Delta Y,$$

$$\frac{\partial K}{\partial t} = \beta_1 Y - \beta_2 K + \beta_3 E + D_K \Delta K,$$

$$\frac{\partial E}{\partial t} = \gamma_1 (1 - E) - \gamma_2 Y + \gamma_3 K - \gamma_4 (1 - \frac{I}{I_{\max}}) + D_I \Delta I,$$

$$\frac{\partial R}{\partial t} = -\eta_1 Y - \eta_2 I + \eta_3 (R_0 - R) + D_R \Delta R.$$

bu yerda barcha $\alpha_i, \beta_i, \gamma_i, \delta_i, \eta_i$ koeffitsiyentlar musbat sonlar bo‘lib, ular iqtisodiy-ekologik tizimning o‘zaro ta’sir kuchini ifodalaydi. D_Y,D_K,D_E,D_I,D_R – diffuziya koeffitsiyentlari. $I_{\max}$ – innovatsiyalarning maksimal darajasi, R_0 – resurslardan foydalanishning boshlang‘ich yoki ruxsat etilgan darajasi.

Ushbu tizimda nochiziqlilik $I(1-I/I_{\max})$ hadi orqali, shuningdek, ekologik sifat va iqtisodiy o‘sish o‘rtasidagi bog‘liqlik orqali namoyon bo‘ladi. Masalan,

innovatsiyalar dastlab tez o‘sadi, so‘ngra ma’lum chegaraga yaqinlashganda sekinlashadi. Ekologik sifat pasayganda iqtisodiy o‘sishga salbiy ta’sir kuchayadi.

Yashil iqtisodiyotda xotira va fraktal xususiyatlarni hisobga olish uchun model kasr tartibli hosilalar yordamida umumlashtirilishi mumkin:

$$ {}^{C}D_t^{\beta} Y = \alpha_1 I + \alpha_2 K - \alpha_3 R - \alpha_4 (1 - E) + D_Y \Delta Y, $$

$$ {}^{C}D_t^{\beta} K = \beta_1 Y - \beta_2 K + \beta_3 E + D_K \Delta K, $$

bu yerda ${}^{C}D_t^{\beta}$ – Kaputo ma’nosidagi kasr hosila, $0 < \beta \le 1$. Kasr tartibli model oddiy modelga qaraganda sekinroq o‘zgaruvchan, uzoq xotirali va nostatsionar jarayonlarni yaxshiroq tasvirlaydi.

Model natijalari amaliy jihatdan quyidagi xulosalarga olib keladi: yashil iqtisodiyotga o‘tish uchun innovatsiyalarga investitsiyalarni oshirish, ekologik standartlarni qat’iy nazorat qilish, resurs sarfini kamaytirish, hududlararo hamkorlikni kuchaytirish va uzoq muddatli strategik rejalashtirishni yo‘lga qo‘yish zarur.

Xulosa. Yashil iqtisodiyotni rivojlantirish jarayonlari murakkab, ko‘p omilli va nochiziqli xususiyatga ega. Ularni samarali boshqarish va prognoz qilish uchun matematik modellashtirish usullari muhim ahamiyatga ega. Mazkur maqolada taklif etilgan model xususiy hosilali differensial tenglamalar, kasr tartibli hosilalar, diffuziya va barqarorlik nazariyasi asosida qurilgan. Model yashil o‘sish, ekologik barqarorlik, innovatsiyalar va resurslardan foydalanish o‘rtasidagi bog‘liqlikni ifodalash imkonini beradi.

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, barqaror yashil o‘sishga erishish uchun innovatsion texnologiyalarni jadal tarqatish, yashil kapitalni ko‘paytirish, ekologik sifatni saqlash va resurs sarfini cheklash zarur. Kasr tartibli modellar esa uzoq muddatli xotira va fraktal xususiyatlarni hisobga olish orqali aniqroq prognoz qilish imkonini beradi. Kelgusida ushbu modelni real mintaqaviy ma’lumotlar asosida kalibrlash, sonli usullar yordamida yechish va stsenariy tahlillarini o‘tkazish maqsadga muvofiqdir.

Adabiyotlar ro‘yxati

1. Нахушева З.А., Лесев В.Н., Ашинова И.В. Математическое моделирование процессов развития зеленой экономики // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2021. № 6 (104). С. 222–228. DOI: 10.35330/1991-6639-2021-6-104-222-228

2. Vukovich N.A. «Green» economy: definition and modern eco-logo-economic model. Vestnik UrFU. Seriya ekonomika i upravlenie [Bulletin of Ural Federal University. Series Economics and Management]. 2018. Vol. 17. No. 1. Pp. 128–145. (In Russian)

PROPORSIONAL YIG‘IMLI LOGISTIK POPULYATSIYA MODELINING DINAMIK XUSUSIYATLARINI MATEMATIK TAHLIL QILISH

Abduxakimov Saidaxmat Xazratkulovich f.-m.f.f.d.(PhD) Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy universiteti Jizzax filiali Amaliy matematika kafedrasi o‘qituvchisi asaidahmat@mail.ru
Abduxakimova Maftuna G‘ofur qizi Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy universiteti Jizzax filiali Amaliy matematika kafedrasi o‘qituvchisi abduhakimova1995@gmail.com
Suyunova Zarnigor Lutfulla qizi Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy universiteti Jizzax filiali Amaliy matematika kafedrasi talabasi zsuyunova14@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu ishda cheklangan resurslar sharoitida populyatsiya dinamikasini tavsiflovchi klassik logistik model va unga populyatsiyani kamaytiruvchi yig‘im hadining kiritilishi matematik jihatdan tahlil qilinadi. Yig‘im intensivligi populyatsiya soniga proporsional deb olinib, logistik yig‘im modeli hosil qilinadi. Modelning muvozanat holatlari aniqlanib, yig‘im intensivligi bilan tabiiy o‘sish koeffitsiyati o‘rtasidagi munosabatga bog‘liq ravishda musbat muvozanatning mavjudlik sharti o‘rganiladi.

Kalit so‘zlar: logistik model, populyatsiya dinamikasi, yig‘im, yig‘im intensivligi, muvozanat nuqtasi, muhit sig‘imi, matematik modellashtirish.

Tabiatdagi tirik organizmlar populyatsiyalarining soni vaqt o‘tishi bilan doimiy bo‘lib qolmaydi. Tug‘ilish va o‘lim jarayonlari, oziqa va suv resurslarining mavjudligi, yashash hududining cheklanganligi, tur ichidagi raqobat hamda tashqi muhit sharoitlari populyatsiya sonining o‘zgarishiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Shu sababli populyatsiya dinamikasini matematik modellashtirish ekologik jarayonlarning asosiy qonuniyatlarini aniqlash va tabiiy resurslardan oqilona foydalanish masalalarini o‘rganishda muhim vositalardan biridir.([1]-[4])

Populyatsiyaning o‘sish tezligi uning joriy soniga proporsional deb olinadi va matematik jihatdan $\frac{dx}{dt} = rx$ tenglama bilan ifodalanadi. Bu yerda $x(t) - t$ vaqtdagi populyatsiya soni yoki zichligi, $r > 0 -$ populyatsiyaning tabiiy o‘sish tezligini ifodalovchi parametrdir. Mazkur model resurslar cheklanmagan ideal sharoitni ifodalaydi. Uning yechimi $x(t) = x_0 e^{rt}$ ko‘rinishda bo‘lib, $t \to \infty$ da populyatsiyaning cheksiz o‘sishini anglatadi. Biroq real ekologik tizimlarda oziqa, suv, yashash maydoni va boshqa resurslar cheklanganligi sababli bunday cheksiz o‘sish kuzatilmaydi. Populyatsiya soni ortishi bilan individlar o‘rtasidagi raqobat kuchayadi va natijada o‘sish sur’ati kamayadi.

Klassik logistik model quyidagi differensial tenglama orqali beriladi:

$$\frac{dx}{dt} = rx(1 - \frac{x}{K})$$

bu yerda $K > 0 -$ muhitning sig‘imi, ya’ni mavjud ekologik sharoitda populyatsiyaning uzoq muddatda erishishi mumkin bo‘lgan muvozanat darajasini ifodalovchi parametrdir. Logistik modelning biologik mazmuni uning o‘ng tomonidagi $1 - \frac{x}{K}$ ko‘paytuvchida yaqqol namoyon bo‘ladi. Agar $0 < x < K,$ bo‘lsa, $1 - \frac{x}{K} > 0,$ va shuning uchun $\frac{dx}{dt} > 0.$ Demak, populyatsiya o‘sadi. Agar $x = K,$ bo‘lsa, $\frac{dx}{dt} = 0,$ ya’ni populyatsiya muvozanat holatiga keladi. Agar $x > K,$ bo‘lsa, $1 - \frac{x}{K} < 0$ va $\frac{dx}{dt} < 0,$ natijada populyatsiya soni kamayadi. Shu sababli K parametrini muhitning populyatsiyani ta’minlash sig‘imi sifatida talqin qilish mumkin.

Logistik modelning yana bir muhim jihati shundaki, uni $\frac{dx}{dt} = rx - \frac{r}{K}x^2$ ko‘rinishida yozish mumkin. Bu yerda rx populyatsiyaning tabiiy o‘sishini, $-\frac{r}{K}x^2$ esa populyatsiya zichligi ortishi natijasida yuzaga keladigan cheklovchi ta’sirni ifodalaydi. Demak, kvadratik had populyatsiya individlari o‘rtasidagi raqobatning matematik ifodasi sifatida qaraladi.

Tabiiy populyatsiyalarning dinamikasiga ichki biologik jarayonlardan tashqari insonning xo‘jalik faoliyati ham sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Baliqchilik, ovchilik, o‘rmon resurslaridan foydalanish, qishloq xo‘jaligi zararkunandalarini nazorat qilish kabi jarayonlarda populyatsiyaning ma’lum qismi muntazam ravishda tabiiy muhitdan olib tashlanadi. Bunday jarayonni matematik modelda hisobga olish uchun logistik tenglamaga populyatsiyaning kamayishini ifodalovchi qo‘shimcha had kiritish mumkin.

Agar yig‘im populyatsiya soniga proporsional deb faraz qilinsa, uning intensivligi $h(x) = \lambda x, \quad \lambda \geq 0$ ko‘rinishda ifodalanadi. Bu yerda $\lambda -$ yig‘im intensivligini tavsiflovchi parametr.

Shunda klassik logistik model quyidagi modifikatsiyaga ega bo‘ladi:

$$\frac{dx}{dt} = rx(1 - \frac{x}{K}) - \lambda x$$

yoki ekvivalent ravishda

$$\frac{dx}{dt} = (r - \lambda)x - \frac{r}{K}x^2.$$

Ushbu model tabiiy populyatsion o‘sish va inson tomonidan amalga oshiriladigan proporsional yig‘im o‘rtasidagi o‘zaro ta’sirni tavsiflaydi. Ayniqsa,

$0 \le \lambda < r$ bo‘lgan holda modelning musbat muvozanat holati $K_1 = K(1 - \frac{\lambda}{r})$ ko‘rinishga ega bo‘ladi. Bundan ko‘rinadiki, yig‘im intensivligi ortishi bilan populyatsiyaning uzoq muddatli muvozanat darajasi kamayadi: $\frac{dK_1}{d\lambda} = -\frac{K}{r} < 0.$

Shunday qilib, proporsional yig‘imni hisobga oluvchi logistik model nafaqat populyatsiyaning tabiiy o‘sishini, balki uning inson tomonidan boshqarilishi natijasidagi dinamik o‘zgarishlarni ham matematik jihatdan ifodalash imkonini beradi.

Endi ishimizning asosiy natijasini keltiramiz

Teorema. Faraz qilaylik, $r > 0, K > 0, 0 \le \lambda < r.$ U holda $\frac{dx}{dt} = rx(1 - \frac{x}{K}) - \lambda x,\ x(0) = x_0$ boshlang‘ich masalasi $t \ge 0$ da yagona musbat yechimga ega. Bu yechim $x(t) = \frac{K_1}{1 + (\frac{K_1 - x_0}{x_0})e^{-(r-\lambda)t}}$, ko‘rinishda bo‘lib, bu yerda $K_1 = K(1 - \frac{\lambda}{r}) > 0$ .Bundan tashqari, $\lim_{t \to \infty} x(t) = K_1.$ Shuningdek, modelning $x_1^* = 0$ va $x_2^* = K_1$ muvozanat nuqtalaridan $x_1^* = 0$ beqaror, $x_2^* = K_1$ esa $(0, \infty)$ da global asimptotik barqarordir.

Izoh. Ushbu teoremaning asosiy mazmuni shundan iboratki, $0 \le \lambda < r$ bo‘lgan holda proporsional yig‘im populyatsiyaning uzoq muddatli muvozanat darajasini $K \to K_1 = K(1 - \frac{\lambda}{r})$ gacha kamaytiradi. Ya’ni, yig‘im intensivligi ortishi bilan barqaror populyatsiya darajasi kamayadi.

Ushbu ishda *proporsional yig‘imli logistik populyatsiya modelining dinamik xususiyatlari matematik jihatdan tahlil qilinadi*. Xususan, modelning aniq yechimi olinadi, muvozanat holatlari aniqlanadi, ularning barqarorligi tekshiriladi hamda yig‘im intensivligi λ ning populyatsiyaning uzoq muddatli xatti-harakatiga ta’siri o‘rganiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Verhulst P.-F. Notice sur la loi que la population poursuit dans son accroissement // *Correspondance Mathématique et Physique*. – 1838. – Vol. 10. – P. 113–121.

2. Clark C.W. Mathematical Bioeconomics: The Optimal Management of Renewable Resources. – 2nd ed. – New York: Wiley, 1990.

3. Brauer F., Castillo-Chavez C. Mathematical Models in Population Biology and Epidemiology. – New York: Springer, 2001.

4. Lin Q., Xie X., Chen F., Lin Q. Dynamical analysis of a logistic model with impulsive Holling type-II harvesting // *Advances in Difference Equations*. – 2018. – Article 112.

ATROF-MUHITGA TEXNOGEN VIBRATSION TA'SIRLARNI KAMAYTIRISHDA STERJENNING HARAKATLANUVCHI DINAMIK SO'NDIRGICH BILAN TEBRANISHLARINI MATEMATIK MODELLASHTIRISH

Yuldoshova Zarnigor Sayfullo qizi *Samarqand iqtisodiyot va servis instituti, f.-m.f.f.d., PhD,* yuldoshovazarnigor30@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu ishda gisterezis tipidagi elsatik dissipativ xarakteristikali sterjenning harakatlarnuvchi chiziqli elastik xarakteristikali qattiq jismli dinamik so'ndirgich bilan birgalikdagi ko'ndalang tebranishlarini matematik modellashtirish masalasi qaralgan. Bunda sterjen materialining gisterezis tipidagi elsatik dissipativ xarakteristikalari Pisarenko-Boginich gipotezasi asosida olingan. Matematik modellashtirishda erkin jism diagrammasidan foydalanilgan.

Kalit so'zlar: sterjen, dinamik so'ndirgich, gisterezis, tebranishlar, harakat differensial tenglamalar sistemasi.

Kirish. Zamonaviy texnika va mexanik qurilmalarning ekspluatatsiyasi jarayonida hosil bo'ladigan tebranishlar konstruksiyalarning dinamik barqarorligi va ishonchliligiga ta'sir etish bilan birga, texnogen vibratsiyalar ko'rinishida atrof-muhitga ham salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin. Shu sababli mexanik sistemalarda hosil bo'ladigan zararli tebranishlarni kamaytirish, ularning amplitudasini nazorat qilish va konstruksiyalarning uzoq muddatli hamda barqaror ishlashini ta'minlash muhim ilmiy-amaliy masalalardan biridir. Bunday masalalarni hal etishda dinamik so'ndirgichlardan foydalanish samarali usullardan biri hisoblanadi. Ayniqsa, sterjenning harakatlanuvchi dinamik so'ndirgich bilan o'zaro ta'sirlashuvi natijasida yuzaga keladigan murakkab tebranish jarayonlarini matematik modellashtirish orqali tizimning dinamik xususiyatlarini aniqlash va tebranish amplitudasini kamaytirishning maqbul parametrlarini belgilash mumkin. Shu nuqtai nazardan, sterjenning harakatlanuvchi dinamik so'ndirgich bilan birgalikdagi tebranishlarini chiziqlimas deformatsiyalanishni hisobga olgan holda tadqiq etish hamda ushbu jarayonning atrof-muhitga texnogen vibratsion ta'sirini kamaytirish imkoniyatlarini baholash dolzarb ilmiy masala hisoblanadi.

Sterjenlarning chiziqlimas tebranishlari, ularning dinamikasi va tebranishlarini so'ndirish masalalariga bag'ishlangan bir qancha ishlar mavjud. Ulardan:

[1,2] - ishlarda ikki tomoni qistirib mahkamlangan sterjenning dinamik so'ndirgich bilan birgalikdagi ko'ndalang tebranishlari tajriba o'tkazish yo'li bilan o'rganilgan. Bunda dinamik so'ndirgich yupqa sterjen va uning ikki uchiga qo'yilgan massalardan iborat bo'lib, uning geometrik markazidan ko'ndalang tebranishlari o'rganilayotgan sterjenga o'rnatilgan. Tashqi kuch sifatida

sterjenning qistirib mahkamlangan bir uchiga koʻndalang yoʻnalishda garmonik kuch qoʻyilgan. Amplituda-chastota xarakteristikasini tahlil qilishda akselometr sensori sterjenga ulangan va dinamik soʻndirgich oʻrnatilgan hamda oʻrnatilmagan hollar uchun amplitudalarni taqqoslash natijalar olingan, muhokama qilingan. Taqqoslash natijalar muhokamasiga koʻra sterjen tebranishlarini soʻndirishda dinamik soʻndirgich samarali boʻlgan. Olingan natijalar sterjen tebranishlarni boshqarish imkonini beradi.

[3] - ishda sterjen xususiy chastotasi va xususiy tebranish formasiga sterjenga qoʻyilgan massaning ta'sirini oʻrganishning analitik metodlari takomillashtirilgan. Barcha chegaraviy shartlarni uchun chastota tenglamalarining analitik ifodalari aniqlangan. Tebranish chastotalarining son qiymatlari Matematika dasturi vositasida olingan va analitik yechim bilan taqqoslangan.

[4] -ishda sterjenning dinamik soʻndirgich bilan birgalikdagi harakatlari oʻrganilgan. Bunda dinamik soʻndirgich massasi konussimon prujina bilan sterjenga oʻrnatilgan. Prujinaga uning oʻramlari tekisligiga perpendikulyar boʻlgan kuchlar ta'sir qilganda konusli prujinada silindrsimon prujinaga qaraganda egilish katta boʻlishi koʻrsatilgan.

[5] – ishda tebranishlardan himoyalanuvchi sterjenlarning tebranish formalari tajriba oʻtkazish yoʻli bilan tadqiq etilgan. Chastotalarning oʻzgarishi bilan xususiy tebranish formalarining oʻzgarishi grafiklarda koʻrsatilib, chastotalarning xususiy tebranish formalariga ta'siri boʻyicha xulosalar olingan va zaruriy tavsiyalar berilgan.

[6] – ishda bir uchi erkin ikkinchi uchi qistirib mahkamlangan sterjenga dinamik soʻndirgich sifatida uning erkin uchiga oʻrnatilgan ikkinchi sterjenning birgalikdagi tebranishlarida xususiy tebranish formalari, chastotalari va uning optimal parametrlarini aniqlash masalalari qaralgan. Tebranishlarni soʻndirishda dinamik soʻndirgich massasining sterjen massasiga nisbatidan tashqari, dinamik soʻndirgich sifatida oʻrnatilgan sterjenning egiluvchanlik xossalari va uning uzunligiga bogʻliq holda soʻndirish effektivligi koʻrsatilgan. Ananaviy dinamik soʻndirgich bilan taqqoslanganda egiluvchanlik xossalari va uning uzunligi bu dinamik soʻndirgichni zaruriy loyihalashlarda qoʻshimcha imkoniyatlar bergan.

[7] – ishda ustiga yupqa tekis taqsimlangan massa qoʻyilgan sterjenning tebranishlari qaralib, harakat tenglamalari olingan. Bunda elementar boʻlakcha olinib, unga ta'sir qilayotgan yuk taqsimlangan kuch sifatida qaralgan. Ananaviy usul bilan mazkur usulda sterjen tebranishlarni soʻndirish taqqoslanib, taqsimlangan massani oʻzgartirish orqali tebranishlarni boshqarish bu usulning afzalligi sifatida koʻrsatilib, amaliyotda sterjen uzunligini cheklanganligi bu usulnining kamchiligi sifatida keltirilgan.

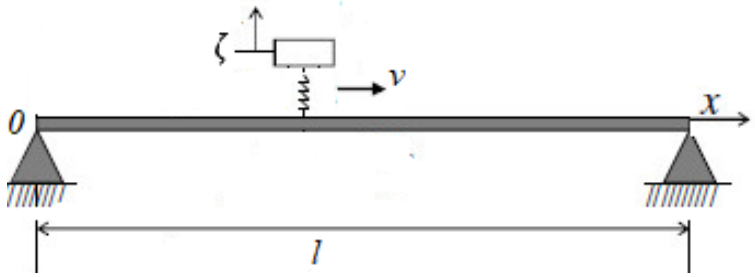
Suyuqlik va qattiq jismdan iborat sistema hamda taqsimlangan parametrli sistemalar alohida-alohida matematik modellashtirilgan, dinamikasi oʻrganilgan va natijalar tahlil qilingan [8,9].

[10-13] ishlarda gisterezis tipidagi elsatik dissipativ xarakteristikali

tebranishlardan himoyalanuvchi sistemalar ko‘ndalang tebranishlari matematik modellashtirilgan, dinamikasi o‘rganilib, ustuvorligi tekshirilgan.

O‘tkazilgan tahlil natijalari tebranishlardan himoyalanuvchi gisterezis tipidagi elastik dissipativ xarakteristikali sterjen ko‘ndalang tebranishlarini o‘rganish bo‘yicha keng ko‘lamli tadqiqot o‘tkazish zarurati mavjudligini ko‘rsatdi.

Materiallar va metodlar. Gisterezis tipidagi elsatik dissipativ xarakteristikali stejen va uning uzunligi bo‘ylab harakatlanuvchi qattiq jismli dinamik so‘ndirgichning birgalikdagi ko‘ndalang tebranishlarini matematik modellashtiramiz.



1-rasm. *Sterjen va harakatlanuvchi dinamik so‘ndirgichli sistema sxemasi*

1-rasmda keltirilgan mexanik sistema uchun erkin jism diagrammasidan foydalansak, gisterezis tipidagi elsatik dissipativ xarakteristikali stejenning va uning uzunligi bo‘ylab harakatlanuvchi chiziqli elastik xarakteristikali qattiq jismli dinamik so‘ndirgichning birgalikdagi ko‘ndalang tebranishlarida quyidagi munosabatlar o‘rinli bo‘ladi:

$$\frac{\partial^2 M}{\partial x^2} - c\zeta\delta(x - vt)H(\frac{l}{v} - t) = -\rho A\frac{\partial^2 w_a}{\partial t^2};$$
$$m\frac{\partial^2 w(x_0)}{\partial t^2} + m\frac{\partial^2 \zeta}{\partial t^2} + c\zeta = -m\frac{\partial^2 w_0}{\partial t^2}. \quad (1)$$

bu erda M – eguvchi moment; ρ, A – lar mos ravishda sterjen materialining zichligi va ko‘ndalan kesimi yuzi; $w(x_0)$ – dinamik so‘ndirgich joylashgan sterjen nuqtasining ko‘chishi; $x_0 = vt$ - dinamik so‘ndirgich joylashgan nuqta; v - dinamik so‘ndirgich tezligi; t – vaqt; $\delta(x)$ – Dirakning delta funksiyasi; $H(\frac{l}{v})$ – Hevisayd funksiyasi; l – sterjen uzunligi; s, m – lar mos ravishda dinamik so‘ndirgichning bikrligi va massasi; ζ – dinamik so‘ndirgichning nisbiy deformatsiyasi; w_a – sterjenning absolyut ko‘chishi

$$w_a = w_0 + w, \quad (2)$$

bunda w_0- asosning ko‘chishi; w – sterjen egilishi.

Sterjen materialidagi kuchlanish va nisbiy deformatsiya orasidagi quyidagi munosabatdan foydalanamiz [9].

$$\sigma = E(1 + (-\eta_1 + j\eta_2)[C_0 + f(\zeta_o)])\zeta_o\,, \quad (3)$$

bunda E – elastiklik moduli; $\eta_1, \eta_2 = \eta_{22} sign(\omega)$ lar sterjen materialining

elastik dissipativlik xossalariga bog‘liq bo‘lgan doimiy koeffitsientlar bo‘lib, gisterezis sirtmog‘idan aniqlanadi; $j^2 = -1$; $f(\zeta_o)$ – tebranishlar dekrementi bo‘lib, ζ_o - nisbiy deformatsiya absolyut qiymatining funksiyasi hisoblanadi,

$$f(\zeta_o) = C_1\zeta_o + C_2\zeta_o^2 \dots + C_n\zeta_o^n, \quad (4)$$

$C_0, C_1, \dots, C_n$ - gisterezis tugunining tajribadan aniqlanadigan parametrlari bo‘lib, sterjen materialining dempferlovchi xossalariga bog‘liq [14].

ζ_o nisbiy deformatsiya quyidagicha hisoblanadi [9]:

$$\zeta_o = \frac{\partial^2 w(x,t)}{\partial x^2} z, (5)$$

Eguvchi moment ifodasini quyidagicha yoziladi [9]:

$$M = \int_A \sigma z dA. \quad (6)$$

Keltirilgan (3) ifodani (6) eguvchi moment ifodasiga qo‘yamiz va uni hisoblaymiz.

$$M = EI\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}[1 + C_0(-\eta_1 + j\eta_2) + \frac{24}{h^3}(-\eta_1 + j\eta_2)\int_0^{\frac{h}{2}} f(\zeta_o)z^2 dz], \quad (7)$$

bunda $I = \frac{bh^3}{12}$; $b = const\ va\ h = const$ - sterjen eni va balandligi.

(2) va (7) ifodalarni (1) differensial tenglamalar sistemasiga qo‘ysak, ega bo‘lamiz

$$EI\big(1 + C_0(-\eta_1 + j\eta_2)\big)\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + \frac{24}{h^3}(-\eta_1 + j\eta_2)\frac{\partial^2}{\partial x^2}[\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}\int_0^{\frac{h}{2}} f(\zeta_o)z^2 dz] -$$

$$-c\zeta\delta(x - vt)H(\frac{l}{v} - t) + \rho A\frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = -\rho A\frac{\partial^2 w_0}{\partial t^2}; \quad (8)$$

$$m\frac{\partial^2 w(x_0)}{\partial t^2} + m\frac{\partial^2 \zeta}{\partial t^2} + c\zeta = -m\frac{\partial^2 w_0}{\partial t^2}.$$

(8) differensial tenglamalar sistemasining echimini quyidagicha izlaymiz:

$$w(x,t) = \sum_{i=1}^{\infty} u_i(x)q_i(t), (9)$$

bunda $q_i(t)$ – vaqtning funksiyasi; $u_i(x)$ funksiyalar ortogonal hisoblanadi, ya’ni

$$\int_0^l u_i(x)u_m(x)dx = 0, \qquad i \neq m. (10)$$

$u_i(x)$ funksiyalar quyidagi differensial tenglamani qanoatlantiradi:

$$\frac{d^4 u_i(x)}{dx^4} - \frac{\rho A}{EI}p_i^2 u_i(x) = 0, (11)$$

bunda p_i - sterjenning xususiy chastotasi.

(9) echimni (5) ifodaga qo‘yamiz.

$$\zeta_o = \left|\frac{\partial^2 u_m(x)}{\partial x^2}\right| q_m(t) z, \quad (12)$$

Gisterezis tipidagi elastik dissipativ xarakteristikali sterjen va dinamik so‘ndigichning birgalikdagi ko‘ndalang tebranishlarini matematik modellashtiramiz.

Natijalar va ularning muhokamasi. Dastlab, (9) echimni va (12) ifodani (8) differensial tenglamalar sistemasiga qo‘yamiz. (11) differensial tenglamani hisobga olib, quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$\begin{gathered}\sum_{i=1}^{\infty}\{[\ddot{q}_i + \big(1 + C_0(-\eta_1 + j\eta_2)\big)p_i^2 q_i]u_i + \frac{3EI}{\rho A}(-\eta_1 + j\eta_2) \times \\ \times q_i \sum_{k=1}^{n} C_k q_{ia}^k \frac{h^k}{2^k(k+3)} \frac{\partial^2}{\partial x^2}\left(\frac{\partial^2 u_i}{\partial x^2}\left|\frac{\partial^2 u_i}{\partial x^2}\right|^k\right)\} - \frac{c}{\rho A} \times \\ \times \zeta \delta(x - vt) H\left(\frac{l}{v} - t\right) = -\frac{\partial^2 w_0}{\partial t^2}; \\ \sum_{i=1}^{\infty} u_{i0}\ddot{q}_i + \ddot{\zeta} + n_0^2 \zeta = -\frac{\partial^2 w_0}{\partial t^2},\end{gathered} \quad (13)$$

bunda $q_{ia} = |q_i|$; $n_0^2 = \frac{c}{m}$.

Hosil bo‘lgan differensial tenglamaning ikki tomonini $u_m(x)$ ga ko‘paytiramiz hamda [*0;l*] intervalda integrallaymiz. Natijada (10) integraldan va Dirakning delta hamda Hevisayd funksiyalari xossaslaridan foydalanib hamda ba’zi hisoblashlarni bajargandan so‘ng quyidagi differensial tenglamaga ega bo‘lamiz:

$$\begin{gathered}\ddot{q}_i + \{\big(1 + C_0(-\eta_1 + j\eta_2)\big)p_i^2 + \frac{3EI}{\rho F d_{2i}}(-\eta_1 + j\eta_2) \times \\ \times \sum_{k=1}^{n} C_k q_{ia}^k \frac{h^k}{2^k(k+3)} \int_0^l u_i \frac{\partial^2}{\partial x^2}\left(\frac{\partial^2 u_i}{\partial x^2}\left|\frac{\partial^2 u_i}{\partial x^2}\right|^k\right) dx\} q_i - \\ -\mu\mu_0 n_0^2 u_{i0} \zeta H\left(\frac{1}{v} - t\right) = -d_i \frac{\partial^2 w_0}{\partial t^2}; \\ u_{i0}\ddot{q}_i + \ddot{\zeta} + n_0^2 \zeta = -\frac{\partial^2 w_0}{\partial t^2},\end{gathered} \quad (14)$$

bunda $\mu = \frac{m}{\rho F l}; \mu_0 = \frac{l}{d_{2i}}; d_i = \frac{d_{1i}}{d_{2i}};\ d_{1i} = \int_0^l u_i\, dx;\ d_{2i} = \int_0^l u_i^2\, dx.$

(14) ifoda gisterezis tipidagi elastik dissipativ xarakteristikali, sterjen va harakatlanuvchi dinamik so‘ndigichning birgalikdagi ko‘ndalang tebranishlari harakat differensial tenglamalar sistemasi hisoblanadi.

Xulosa. Tadqiqot natijasida olingan harakat differensial tenglamalar sistemasi sterjen va harakatlanuvchi dinamik so‘ndirgichning o‘zaro ta’siri natijasida yuzaga keladigan ko‘ndalang tebranishlar dinamikasini sistema parametrlarining turli qiymatlarida baholash imkonini beradi. Model yechimlari asosida dinamik so‘ndirgichning massasi, bikrligi va dissipativ xususiyatlarining tebranish amplitudasiga ta’siri aniqlanadi. Dinamik so‘ndirgich parametrlarini maqbul tanlash orqali sterjenning tebranish amplitudasini sezilarli darajada kamaytirish va sistemaning dinamik barqarorligini oshirish mumkinligi ko‘rsatiladi. Bu esa texnogen vibratsiyalarni pasaytirish va ularning atrof-muhitga salbiy ta’sirini kamaytirishga xizmat qiladi.

ADABIYOTLAR

1. Zainulabidin M.H., Jaini N. Vibration analysis of a beam structure attached with a dynamic vibration absorber. Applied Mechanics and Materials. Volume 315, 2013, Pp. 315-319.
2. Zainulabidin M.H., Jaini N. Transverse vibration of a beam structure attached with dynamic vibration absorbers: experimental analysis. International Journal of Engineering & Technology, Volume 12(06), 2012, pp. 82-86.
3. Adil El B., Fulgence R. Transverse vibration analysis of Euler Bernoulli beam carrying point masse submerged in fluid media. International Journal of Engineering & Technology, Science Publishing Corporation, Volume 4(2), 2015 pp. 369-380. ff10.14419/ijet.v4i2.4570ff.
4. Polukoshko S., Kononova O., Schukin I., Smirnova R. Experimental research of dynamic damping of lateral vibrations of a rigid cantilever beam. Journal of Vibroengineering. Volume 15 (1), 2013, Pp. 265-270.
5. Mahesha T.M., Ranjith K. Experimental Investigation of Transverse Vibration Characteristics of Beams. International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET). Volume 7, 2019, Pp. 265-273.
6. Yingyu H., Waion W., Li Ch. Optimal design of a beam-based dynamic vibration absorber using fixed-points theory. Journal of Sound and Vibration. Volume 421, 2018, Pp. 111-131.
7. Jue X., Yuan-jie Ch., Yong-li M. Transverse vibrations of a thin loaded rod: theory and experiment. European Journal of Physics. Volume 36, 2015, http://iopscience.iop.org/0143-0807/36/5/055035
8. Дусматов О.М. Моделирование динамики виброзащитных систем. –Т.: Издательство Фан. 1997. 167 с.
9. Павловский М.А., Рыжков Л.М., Яковенко В.Б., Дусматов О.М. Нелинейные задачи динамики виброзащитных систем. – К.: Техника, 1997. – с. 204.
10. Mirsaidov M.M., Dusmatov O.M., Khodjabekov M.U. The problem of mathematical modeling of a vibration protected rod under kinematic excitations. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 1030 (2021) 012069, https://doi:10.1088/1757-899X/1030/1/012069

11. https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6507460407 Mirsaidov M.M., Dusmatov O.M., Khodjabekov M.U. Mode Shapes of Transverse Vibrations of Rods Protected from Vibrations in Kinematic Excitations.https://www.scopus.com/authid/detail.uri?origin=resultslist&authorId=6507460407&zone= - disabled Lecture Notes in Civil Engineering 170, (2021), pp. 217-227, https://doi:org/10.1007/978-3-030-79983-0_20

12. Mirsaidov M.M., Dusmatov O.M., Khodjabekov M.U. Evaluation of the dynamics of elastic plate and liquid section dynamic absorber. *PNRPU Mechanics Bulletin*, 2022, no. 3, pp. 51-59. https://doi.org/10.15593/perm.mech/2022.3.06

13. Mirsaidov M.M., Dusmatov O.M., Khodjabekov M.U. Dynamics of the rod protected from vibration under kinematic excitations. International Scientific Conference "Construction Mechanics, Hydraulics & Water Resources Engineering", CONMECHYDRO 2021 AS, 7-9 September 2021, Tashkent, Uzbekistan. AIP Conference Proceedings 2612, 030005 (2023) https://doi.org/10.1063/5.0113225

14. Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. Вибропоглощающие свойства конструкционных материалов. Справочник.- Киев: Наук.думка, 1971–327 с.

OROL DENGIZI QURIGAN TUBIDAN TUZ VA CHANG MIGRATSIYASINING EKOLOGIK-IQTISODIY ZARARINI BAHOLASHNING USLUBIY YONDASHUVLARI

Ismatov Utkir Rustamovich
SamISI Oliy matematika kafedrasi o‘qituvchisi

Annotatsiya. Ushbu maqolada Orol dengizi qurigan tubidan ko‘tariladigan tuz va chang migratsiyasining ekologik-iqtisodiy zararini baholashning uslubiy masalalari ko‘rib chiqiladi. Tadqiqot Jahon banki tomonidan o‘tkazilgan kompleks baholash natijalariga tayanib, tuz-chang oqimlarining iqtisodiy zararga aylanish mexanizmini tahlil qiladi. Asosiy e’tibor zarar komponentlarini identifikatsiyalash, ularni miqdoriy baholash usullari va O‘zbekiston sharoitida qo‘llash imkoniyatlariga qaratilgan.

Kalit so‘zlar: Orol dengizi, tuz va chang migratsiyasi, ekologik-iqtisodiy zarar, baholash metodologiyasi, Qoraqalpog‘iston.

Kirish: Orol dengizining qurishi XX asrning eng yirik antropogen ekologik falokatlaridan biri sifatida tan olingan. Dengizning qurigan tubi qariyb 60 ming km² maydonni egallab, uning deyarli yarmi O‘zbekistonning Qoraqalpog‘iston Respublikasida joylashgan . Bu hududda 1,8 milliondan ortiq aholi istiqomat qiladi.

Qurigan dengiz tubi yuzasidan har yili 15 milliondan 75 million tonnagacha qum, chang va tuz atmosferaga ko‘tarilib, Markaziy Osiyo kengliklariga tarqaladi . Ayrim manbalarda bu ko‘rsatkich 100 million tonnaga yetishi qayd etilgan .

Ushbu jarayon natijasida yuzaga keladigan tuproq eroziyasi va havo ifloslanishi aholi salomatligiga, turmush sharoitiga va atrof-muhitga ko‘p qirrali salbiy ta’sir ko‘rsatadi.

Mazkur maqolaning maqsadi tuz va chang migratsiyasining ekologik-iqtisodiy zararini baholashning uslubiy asoslarini tahlil qilish va O‘zbekiston sharoitida qo‘llaniladigan baholash yondashuvlarini umumlashtirishdan iborat.

Asosiy qism. Zarar manbalarining miqdoriy tavsifi: Jahon banki va O‘zbekiston Respublikasi O‘rmon xo‘jaligi davlat qo‘mitasining “Orol dengizi tubidan ko‘tariladigan qum va chang bo‘ronlarini kamaytirish uchun O‘zbekistonda landshaftni qayta tiklashning ahamiyati” mavzusidagi qo‘shma tadqiqoti tuz va chang migratsiyasining iqtisodiy zararini baholashga qaratilgan muhim ilmiy manba hisoblanadi. Ushbu tadqiqot WAVES dasturi va PROGREEN ko‘magida amalga oshirilgan RESILAND mintaqaviy loyihasi doirasida o‘tkazilgan.

Tadqiqotning markaziy xulosalaridan biri shundan iboratki, **Orol dengizi tubidan ko‘tariladigan qum va chang bo‘ronlari yiliga 44 million AQSh dollaridan ortiq iqtisodiy zarar keltiradi** . Bu ko‘rsatkich zararning bevosita iqtisodiy komponentlarini o‘z ichiga oladi.

Zarar manbalarining fazoviy taqsimoti notekis bo‘lib, u shamol rejimi, relyef xususiyatlari va aholi joylashuviga bog‘liq. To‘g‘ri rejalashtirilganda landshaftni tiklash jarayoni Orol dengizining sobiq qirg‘og‘idan 100–200 km gacha bo‘lgan masofada havo ifloslanishining sezilarli darajada kamayishiga olib kelishi mumkin.

Zararning asosiy komponentlari: Tuz va chang migratsiyasining ekologik-iqtisodiy zarari bir necha o‘zaro bog‘liq komponentlardan tashkil topadi.

Birinchi navbatda, qishloq xo‘jaligi mahsuldorligiga ta’sir. Tuproqqa cho‘kadigan tuz zarralari ekinlarning o‘sishini sekinlashtiradi, hosildorlikni pasaytiradi va sug‘orish samaradorligini kamaytiradi. Qoraqalpog‘iston Respublikasidagi sug‘oriladigan maydonlarning har gektariga bir yil davomida 250 kg, ayrim hududlarda 500 kg gacha tuzli chang yog‘iladi . Sho‘rlanish natijasida qishloq xo‘jaligi mahsulotlari O‘zbekistonda 30 foizga, Turkmanistonda 40 foizga, Qozog‘istonda 33 foizga kamaygan .

Ikkinchi komponent - aholi salomatligiga ta’sir. Tuz va chang zarralari nafas yo‘llari kasalliklari, urologik va onkologik kasalliklar sonining oshishiga olib keladi . Sog‘liqni saqlash xarajatlarining ortishi va mehnat qobiliyatining pasayishi iqtisodiy zararning muhim qismini tashkil etadi.

Uchinchi komponent - infratuzilma va ekotizim xizmatlariga ta’sir. Tuproq strukturasining buzilishi, o‘simlik qoplamining degradatsiyasi va biologik xilma-xillikning kamayishi uzoq muddatli ekologik-iqtisodiy oqibatlarga olib keladi.

Baholashning uslubiy yondashuvlari

Tuz va chang migratsiyasining iqtisodiy zararini baholash uchun bir necha uslubiy yondashuvlar qo‘llaniladi.

Bevosita bozor bahosi usuli qishloq xo‘jaligi hosildorligining pasayishi natijasida yo‘qotilgan mahsulot qiymatini hisoblashga asoslanadi. Bu usulda sho‘rlanish darajasining o‘zgarishi bilan hosildorlik o‘rtasidagi bog‘liqlik funksiyasi aniqlanadi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, hatto kuchsiz sho‘rlangan tuproqlarda ham makkajo‘xori hosili 40–50 foizga, bug‘doy hosili 50–60 foizga kamayishi mumkin .

Sog‘liqni saqlash xarajatlari usuli tuz-chang ifloslanishi natijasida yuzaga keladigan kasallanishlarni davolash xarajatlarini va yo‘qotilgan mehnat qobiliyatini baholaydi. Bu usul tibbiy statistika ma’lumotlariga va doza-javob funksiyalariga tayanadi.

Landshaftni tiklashning iqtisodiy samaradorligini baholash zararni kamaytirish bo‘yicha chora-tadbirlarning xarajat-foyda nisbatini aniqlashga qaratilgan. Jahon banki tadqiqoti shuni ko‘rsatadiki, landshaftni samarali qayta tiklash iqtisodiy va moliyaviy bevosita xarajatlardan ancha ustun bo‘lgan foyda keltirishi mumkin . Bu afzalliklar O‘zbekistonning “yashil” iqtisodiyotga o‘tishini tezlashtirishi mumkin.

O‘zbekiston sharoitida qo‘llash imkoniyatlari: O‘zbekistonda tuz va chang migratsiyasining iqtisodiy zararini baholash uchun ma’lumotlar bazasi bosqichma-bosqich shakllantirilmoqda. O‘rmon xo‘jaligi davlat qo‘mitasi tomonidan olib borilayotgan landshaftni tiklash dasturlari doirasida 1,5 million gektardan ortiq maydonda to‘qayzor barpo etilgan . Bu chora-tadbirlarning iqtisodiy samaradorligini baholash zarar miqdorini kamaytirish orqali olinadigan foydani aniqlash imkonini beradi.

Shu bilan birga, zararni baholashda bir qator uslubiy qiyinchiliklar mavjud. Bularga ma’lumotlarning tarqoqligi, zararning uzoq muddatli oqibatlarini miqdoriy baholash murakkabligi va iqlim o‘zgarishining qo‘shimcha ta’sirini hisobga olish zarurati kiradi.

Xulosa: Orol dengizi qurigan tubidan tuz va chang migratsiyasining ekologik-iqtisodiy zararini baholash ko‘p qirrali va murakkab vazifa bo‘lib, u qishloq xo‘jaligi, sog‘liqni saqlash, ekologiya va iqtisodiyot sohalaridagi ma’lumotlarni integratsiyalashni talab qiladi. Jahon banki tadqiqotining asosiy xulosasi - yiliga 44 million dollardan ortiq zarar - bu muammoning iqtisodiy ahamiyatini ko‘rsatadi .

Landshaftni tiklashga yo‘naltirilgan investitsiyalar nafaqat ekologik, balki iqtisodiy jihatdan ham o‘zini oqlaydi. Kelgusi tadqiqotlar zararning ayrim komponentlarini (xususan, sog‘liqni saqlash xarajatlari va ekotizim xizmatlarining yo‘qolishi) aniqroq miqdoriy baholashga hamda mintaqaviy farqlarni hisobga olgan holda differensial yondashuvlarni ishlab chiqishga qaratilishi maqsadga muvofiqdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. World Bank. The Value of Landscape Restoration in Uzbekistan to Reduce Sand and Dust Storms from the Aral Seabed. Washington DC: World Bank Group. 2024.

2. World Bank. Greening the Desert: The Role of Landscape Restoration in Uzbekistan‘s Battle Against Sand and Dust Storms. Washington DC: World Bank Group. (2024).

3. Akramkhanov A., Strohmeier S., Yigezu Y. A., Haddad M., Smeets T., Sterk G., Zucca C., Zakhadullaev A., Agostini P., Golub E. S., Akhmedkhodjaeva, N., Erencin, C. S. The Value of Landscape Restoration in Uzbekistan to Reduce Sand and Dust Storms from the Aral Seabed. World Bank. (2021).

4. UNDP. Dust Migration Model for the Southern Aral Sea Region. United Nations Development Programme. (2024).

5. Nematov, A. Ecological and Socio-Economic Consequences of the Aral Sea Desiccation: A Comprehensive Regional Analysis. BG Pulse Journal USA, 2(5), (2026). 1388–1396.

OROL DENGIZI QURIGAN TUBIDAN TUZ VA CHANG MIGRATSIYASINING EKOLOGIK-IQTISODIY ZARARINI BAHOLASHNING MATEMATIK MODELI

Ismatov Utkir Rustamovich
SamISI Oliy matematika kafedrasi o‘qituvchisi

Annotatsiya: Orol dengizining qurigan tubi Markaziy Osiyodagi asosiy tuz va chang emissiya manbasiga aylangan bo‘lib, har yili atmosferaga 15 milliondan 75 million tonnagacha qum, chang va tuz chiqaradi. Jahon banki tadqiqoti iqtisodiy zararni yiliga 44 million AQSh dollaridan ortiq deb baholagan, bu Qoraqalpog‘iston Respublikasi yalpi hududiy mahsulotining qariyb 2 foizini tashkil etadi. Ushbu maqolada tuz va chang migratsiyasining fizik jarayonini tahlil qilish asosida “tuz-chang oqimi – iqtisodiy zarar” uzatish matematik modeli qurilgan. Modelda tuz va chang cho‘kindi oqimi asosiy mustaqil o‘zgaruvchi sifatida olinib, doza-javob funksiyalari va fazoviy ekonometrik usullar yordamida uning qishloq xo‘jaligi mahsuldorligi, aholi salomatligi va ekotizim xizmatlariga ta’siri hisoblanadi. Model fazoviy lag strukturasi orqali tarqalish effektining fazoviy bog‘liqligini aks ettiradi va Qoraqalpog‘iston ma’lumotlari asosida parametrlar kalibrlanadi. Ushbu model Orolbo‘yi mintaqasida ekologik tiklash investitsiyalarining xarajat-foyda tahlilini o‘tkazish uchun miqdoriy vosita bo‘lib xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: Orol dengizi qurigan tubi; tuz va chang migratsiyasi; iqtisodiy zararni baholash; fazoviy ekonometrik model; ekologik-iqtisodiy zarar

Kirish: Orol dengizining qurigan tubi (Orolqum) maydoni qariyb 60 ming km² bo‘lib, uning deyarli yarmi O‘zbekistonning Qoraqalpog‘iston Respublikasida joylashgan. Bu hududda 1,8 milliondan ortiq aholi istiqomat qiladi. XX asrning 60-yillaridan boshlab keng ko‘lamli sug‘orish suvi olish natijasida Orol dengizi izchil qurib bordi va yalang‘och qolgan tubi kuchli shamol eroziyasi ta’sirida faol tuz va chang emissiya manbasiga aylandi. Tadqiqotlar

shuni ko‘rsatadiki, ta’sirlangan hudud 1960-yillardagi 10-15 ming km² dan hozirgi 40-45 ming km² gacha kengaygan, aholi ekspozitsiyasi hajmi esa 50-60 mingdan 350-400 ming kishiga yetgan.

Tuz va chang migratsiyasining iqtisodiy zarari bir necha o‘lchamni qamrab oladi: qishloq xo‘jaligi yerlarining mahsuldorligi pasayishi, aholining nafas yo‘llari kasalliklarining ko‘payishi, infratuzilmaning degradatsiyasi va ekotizim xizmatlarining yo‘qolishi. Biroq mavjud tadqiqotlar asosan fizik jarayonlarni tavsiflash yoki zararning alohida o‘lchamlarini baholash bilan cheklangan bo‘lib, tuz va chang migratsiyasining fizik xususiyatlarini iqtisodiy zarar bilan tizimli bog‘lovchi matematik model yetishmaydi. Ushbu maqolaning maqsadi tuz va changning fazoviy migratsiya xususiyatlarini iqtisodiy zarar o‘lchoviga aylantiruvchi matematik asosni qurishdan iborat bo‘lib, bu siyosiy aralashuvlarning ustuvorligini belgilash va investitsiya samaradorligini baholash uchun uslubiy asos yaratadi.

Tuz va chang emissiyasi va migratsiyasining miqdoriy parametrlari: Tuz va chang migratsiyasi modelining fizik kirish parametrlari mavjud dala kuzatuvlari va tadqiqot adabiyotlariga asoslanadi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, Orol dengizi hududida tuz va chang tashish oqimi yalang‘och tub maydonining kengayishi bilan sezilarli darajada ortadi: 1966-yilda yalang‘och maydon 13 200 km² bo‘lganda, potensial tuz va chang massasi qariyb 550 million tonnani tashkil etgan va tashish oqimi 100-200 kg/ga·yil bo‘lgan; 2000-yilga kelib, yalang‘och maydon 42 000 km² ga yetganda, potensial tuz va chang massasi 3,3 milliard tonnaga ko‘tarilib, tashish oqimi 700-1 100 kg/ga·yilgacha oshgan. O‘zbekiston hududida, Qoraqalpog‘iston sug‘oriladigan qishloq xo‘jaligi yerlarida tuz va chang cho‘kindi miqdori 250 kg/ga·yilga, ayrim hududlarda 500 kg/ga·yilgacha yetadi.

Zarar uzatishning fazoviy geterogenligi: Tuz va chang migratsiyasining iqtisodiy zarari sezilarli fazoviy susayish xususiyatiga ega. Jahon banki tadqiqoti shuni ko‘rsatadiki, landshaftni tiklash choralari to‘g‘ri rejalashtirilganda, sobiq qirg‘oq chizig‘idan 100-200 km masofadagi havo ifloslanishi sezilarli darajada kamayishi mumkin. Bu fazoviy susayish xususiyati zararni baholash modeliga geografik masofa o‘zgaruvchisini kiritishni talab qiladi, oddiy hududiy o‘rtacha parametrlardan foydalanish emas.

Model ramkasi: fizik oqimdan iqtisodiy qiymatgacha: Modelning asosiy mantig‘i “tuz va chang cho‘kindi oqimi – fizik ta’sir – iqtisodiy qiymat” uzatish zanjirini qurishdan iborat. Hudud i*i* ning t*t* davrida qabul qilgan tuz va chang cho‘kindi oqimi D_{it} (kg/ga·yil) bo‘lsin, iqtisodiy zarar Lit*Lit* quyidagi tarkibiy qismlardan iborat:

$$L_{it} = L_{it}^{agr} + L_{it}^{health} + L_{it}^{infra}$$

Bu yerda L^{agr} – qishloq xo‘jaligi zarari, L^{health} – salomatlik zarari, L^{eco} – ekotizim xizmatlari zarari, L^{infra} – infratuzilma zarari.

Qishloq xo‘jaligi zarari submodeli (doza-javob funksiyasi): Qishloq xo‘jaligi zararining asosiy mexanizmi tuz va chang cho‘kindisining tuproq

sho‘rlanishi va ekin hosildorligiga ta’siridir. Doza-javob funksiyasi quyidagicha quriladi:

$$\Delta Y_{it} = \alpha_i \cdot D_{it}^{\beta} \cdot e^{\gamma Z_{it}}$$

Bu yerda ΔY_{it} – ekin hosildorligining o‘zgarish darajasi, Z_{it} – nazorat o‘zgaruvchilari vektori (sug‘orish suvi sifati, havo harorati, yog‘in miqdori), α_i, β, γ – baholanadigan parametrlar. β tuz va chang cho‘kindisining marjinal zarar elastikligini aks ettiradi va nazariy jihatdan 0 bilan 1 o‘rtasida bo‘lishi kerak (zararning kamayib borish xususiyati). Orolbo‘yi mintaqasida tuz va chang cho‘kindisining paxta hosildorligiga ta’siri nochiziqli xususiyatga ega ekanligini hisobga olib, bo‘lakli funksiya shaklidan foydalanish mumkin: past oqim oralig‘ida (<200 kg/ga·yil) zarar elastikligi past, yuqori oqim oralig‘ida zarar elastikligi sezilarli darajada oshadi.

Qishloq xo‘jaligi iqtisodiy zarari quyidagicha hisoblanadi:

$$L_{it}^{agr} = \sum_{c} p_{ct} \cdot Y_{ict}^{0} \cdot \Delta Y_{it}$$

Bu yerda p_{ct} – c ekining t davridagi narxi, Y_{ict}^{0}– bazaviy hosildorlik.

Salomatlik zarari submodeli: ekspozitsiya-javob funksiyasi: Salomatlik zarari epidemiologiyadagi ekspozitsiya-javob funksiyasi usulidan foydalanadi. Aholi P_{it} tuz va chang konsentratsiyasi C_{it} ga (cho‘kindi oqimidan aylantirilgan) ekspozitsiya qilsin, nafas yo‘llari kasalliklarining ko‘payish funksiyasi R_{it} quyidagicha:

$$\Delta R_{it} = \theta \cdot (C_{it} - C_0)$$

Bu yerda C_0 – chegara konsentratsiyasi, θ – ekspozitsiya-javob koeffitsiyenti. Salomatlik iqtisodiy zarari:

$$L_{it}^{health} = P_{it} \Delta R_{it} \cdot (c^{med} + c^{prod} \cdot \omega)$$

Bu yerda c^{med} – aholi jon boshiga tibbiy xarajat, c^{prod} – kunlik mahsulot qiymati, w – kasallik tufayli yo‘qotilgan ish kunlari soni.

Fazoviy bog‘liqlik strukturasi: Tuz va chang migratsiyasining tashqi ta’sir xususiyati modelga fazoviy bog‘liqlikni kiritishni talab qiladi. Fazoviy lag modeli (SAR) shaklidan foydalaniladi:

$$L_{it} = \rho \sum_{j} W_{ij} L_{jt} + X_{it}\beta + \varepsilon_{it}$$

Bu yerda W_{ij} – fazoviy vazn matritsasi, uning elementlari i va j hududlari o‘rtasidagi geografik masofaga asoslanib aniqlanadi. ρ – fazoviy avtoregressiya koeffitsiyenti bo‘lib, tuz va chang zararining qo‘shni hududlar o‘rtasidagi oqib chiqish effektini aks ettiradi. Masofa susayish vazni quyidagicha:

$$W_{ij} = \exp(-\lambda d_{ij}$$

Bu yerda d_{ij} – hududlararo masofa, λ – susayish parametri. Orol dengizi tuz va chang migratsiyasining fazoviy ko‘lamiga ko‘ra (ta’sirlangan hudud 400-450 ming km²), λ ning oqilona qiymati 100-200 km masofada vazn sezilarli musbat bo‘lishini, bu masofadan tashqarida esa tezda nolga yaqinlashishini ta’minlashi kerak.

Ekotizim xizmatlari zararini baholash: Ekotizim xizmatlari zarari o‘rinbosar xarajat usulidan foydalanadi. Tuz va chang cho‘kindisi natijasida o‘simlik qoplamining degradatsiyasi hududning ekotizim xizmatlari qiymatini pasaytiradi:

$$L_{it}^{eco} = \sum_{s} V_s \cdot \Delta E_{sit}$$

Bu yerda V_s – s xizmat turining birlik qiymati, ΔE_{sit} – xizmat ta’minotidagi o‘zgarish miqdori. Asosiy xizmat turlariga quyidagilar kiradi: yaylov mahsuldorligi, tuproqni saqlash funksiyasi, uglerodni yutish qobiliyati. Jahon banki tadqiqotiga ko‘ra, landshaftni tiklashning qo‘shimcha foydasi yiliga qariyb 39 million AQSh dollarini (hududiy YaHM ning 1,9 foizini) tashkil etadi, bu ko‘rsatkich zararni bartaraf etish foydasining yuqori chegarasi sifatida ishlatilishi mumkin.

Modelning umumiy zarar funksiyasi: Barcha submodellarni birlashtirib, hudud i*i* ning t*t* davridagi umumiy iqtisodiy zarari quyidagicha ifodalanadi:

$$L_{ij} =$$

Ushbu funksiyaning tuzilishi shuni ko‘rsatadiki: tuz va chang cho‘kindi oqimi Dit*Dit* iqtisodiy zararni keltirib chiqaruvchi asosiy o‘zgaruvchidir; zarar darajasi nafaqat hududning o‘z cho‘kindi oqimiga, balki fazoviy lag hadi ρ∑jWijLjt*ρ∑jWijLjt* orqali qo‘shni hududlarning zarar darajasiga ham bog‘liq.

IV. Parametrlarni kalibrlash va ma’lumotlar talabi

Model parametrlarini kalibrlash uchun uch turdagi ma’lumotlar zarur:

Fizik oqim ma’lumotlari: Tuz va chang cho‘kindi oqimining fazoviy taqsimoti ma’lumotlari. Mavjud tadqiqotlar hududiy o‘rtacha qiymatlarni taqdim etadi, ammo model baholash uchun to‘rli (masalan, 10 km × 10 km o‘lchamli) oqim ma’lumotlari talab qilinadi. Buni atmosfera diffuziya modeli (masalan, HYSPLIT) va yer usti xususiyat parametrlarini birlashtirib simulyatsiya qilish orqali hosil qilish mumkin.

Iqtisodiy mahsulot ma’lumotlari: Qoraqalpog‘istonning turli hududlarida qishloq xo‘jaligi mahsulotlari, ekin narxlari, tibbiy xarajatlar va aholi salomatligi statistikasi. O‘zbekiston Respublikasi Davlat statistika qo‘mitasi va Sog‘liqni saqlash vazirligi ma’lumotlari asosiy manba bo‘lib xizmat qilishi mumkin.

Fazoviy vazn parametrlari: λ ni belgilash tuz va chang migratsiyasining fazoviy ko‘lami tadqiqotlariga asoslanishi mumkin. Tadqiqotlar ta’sirlangan hudud 400-450 ming km² ga yetganini ko‘rsatadi, ammo zarar to‘plangan asosiy hudud 100-200 km oralig‘ida joylashgan.

Modelning siyosiy qo‘llanilishi: tiklash investitsiyalarining xarajat-foyda tahlili: Ushbu model Orol dengizi tubini landshaftni tiklash choralarining iqtisodiy samaradorligini baholash uchun bevosita qo‘llanilishi mumkin. Tiklash investitsiyasi hudud i*i* ning tuz va chang cho‘kindi oqimini Dit*Dit* dan Dit′*Dit′* gacha kamaytirsin, u holda oldini olingan iqtisodiy zarar quyidagicha:

$$\Delta L_{it} = L_{it}(D_{it}) - L_{it}(D_{it}t\,')$$

Investitsiyaning sof joriy qiymati:

$$NPV = \sum t = 0T\Delta Lit - Iit(1 + r)tNPV = t = 0\sum T(1 + r)t\Delta Lit - Iit$$

Bu yerda Iit*Iit* – tiklash investitsiyasi xarajati, r*r* – diskont stavkasi. Jahon banki tadqiqoti landshaftni tiklashning iqtisodiy va moliyaviy foydasi bevosita xarajatlardan sezilarli darajada yuqori ekanligini dastlabki tarzda isbotlagan bo‘lib, ushbu model foydani aniqroq hisoblash uchun vosita bo‘lib xizmat qiladi.

Xulosa: Ushbu maqolada Orol dengizi qurigan tubidan tuz va chang migratsiyasining ekologik-iqtisodiy zararini baholashning matematik modeli qurilgan. Modelning asosiy hissasi quyidagilardan iborat: (1) “cho‘kindi oqimi – doza-javob – iqtisodiy qiymat” tizimli uzatish ramkasi qurilgan; (2) tuz va chang zararining fazoviy oqib chiqish effektini ushlash uchun fazoviy lag strukturasi kiritilgan; (3) qishloq xo‘jaligi, salomatlik va ekologiya zarar submodellari yagona zarar funksiyasiga integratsiyalangan. Model parametrlarini kalibrlash tuz va chang oqimining fazoviy ma’lumotlari, hududiy iqtisodiy statistika va salomatlik ma’lumotlarining mavjudligiga bog‘liq. Ushbu model Orolbo‘yi mintaqasida ekologik tiklash investitsiyalarining xarajat-foyda tahlilini o‘tkazishga xizmat qilishi va “yashil iqtisodiyot”ga o‘tish sharoitida siyosiy ustuvorliklarni belgilash uchun miqdoriy asos yaratishi mumkin. Kelgusi tadqiqotlar to‘rli tuz va chang oqimi ma’lumotlarini yaratishga va model parametrlarini empirik baholashga qaratilishi lozim.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. World Bank. The Value of Landscape Restoration in Uzbekistan to Reduce Sand and Dust Storms from the Aral Seabed. Washington DC: World Bank Group. 2024.

2. World Bank. Greening the Desert: The Role of Landscape Restoration in Uzbekistan‘s Battle Against Sand and Dust Storms. Washington DC: World Bank Group. (2024).

3. Akramkhanov A., Strohmeier S., Yigezu Y. A., Haddad M., Smeets T., Sterk G., Zucca C., Zakhadullaev A., Agostini P., Golub E. S., Akhmedkhodjaeva, N., Erencin, C. S. The Value of Landscape Restoration in Uzbekistan to Reduce Sand and Dust Storms from the Aral Seabed. World Bank. (2021).

4. UNDP. Dust Migration Model for the Southern Aral Sea Region. United Nations Development Programme. (2024).

5. Nematov, A. Ecological and Socio-Economic Consequences of the Aral Sea Desiccation: A Comprehensive Regional Analysis. BG Pulse Journal USA, 2(5), (2026). 1388–1396.

ZAMONAVIY IQTISODIYOTDA XIZMAT KO‘RSATISHNING KOGNITIV TARAQQIYOTI

Ismatov Utkir Rustamovich – Samarqand iqtisodiyot va servis instituti Oliy matematika kafedrasi katta o‘qituvchisi

Isoqulova Sojida Said qizi – Samarqand iqtisodiyot va servis instituti, iqtisodiyot fakulteti talabasi **Email:** isoqulovasojida@gmail.com

Annotatsiya: Mazkur maqolada xizmat koʻrsatish jabhasining raqamli iqtisodiyotdagi ahamiyati va paradoksi izchil ravishda tahlil qilinadi. Xizmatlar sektori hozirgi koʻz ochib yumguncha barqarorlashib ketayogan bu zamonda iqtisodiy oʻsishning eng muhim dravyerlaridan biri boʻlib, uning yalpi ichki mahsulotdagi ulushi, qoʻshimcha yangi ish oʻrinlarini yaratish imkoniyatlari va aholining turmush darajasini oshirishdagi roli tubdan yoritiladi. Shu bilan bir qatorda, Oʻzbekistonda xizmatlar modelini modernizatsiya qilish, raqamlashtirish, innovatsion yondashuvlarni joriy etish orqali uning samaradorligini oshirish imkoniyatlari toʻlaqonli ravishda tahlil qilinadi.

Kalit soʻzlar: xizmat koʻrsatish sektori, zamonaviy iqtisodiyot, yalpi ichki mahsuloti, xizmat koʻrsatish paradoksi, intensiv rivojlanish.

Kirish: Ta’rifsiz ishonch hosil qilinadigan mushohada shuni ta’kidlaydiki, jamiyat boyligi endi faqat zavodlar yoki mahsulotlar bilan emas, balki insonning falsafaviy tafakkuri bilan koʻrsatgan baholanadi desak mubolagʻa boʻlmaydi. Oldingi oʻtgan davrda davlat qudrati yer maydoni yoki ishlab chiqarish hajmi ostinda oʻlchangan boʻlsa, hozirgi paytda esa insonning bilimi, muomalasi, tajribasi va hattoki bir necha daqiqalik maslahati katta ahamiyat kasb etmoqda. Shu tufayli ham xizmatlar sektori koʻpaygani sari iqtisodiyotning asosiy boyligi nafaqat moddiy kognitivlar, balki bilim, vaqt, tajribadan yaratiladi. Shuningdek, zamonaviy iqtisodiyotda xizmat koʻrsatish paradoksi – texnologik innovatsiyalar, avtomatlashtirish hamda xizmat koʻrsatish samaradorligini oshirishi bilan bir qatorda, mijozlar kutgan “Insoniy yondashuv” va sifat pasayishi yoki shaxsiylashtirilgan xizmatga talabning oshishi oʻrtasidagi ziddiyatdir. Ushbu samaradorlikni oʻsishi koʻpincha mijozning shaxsiy tajribasini kamaytiradi. Inklyuziv iqtisodiy oʻsish xizmatlar sektorining afzalliklari, tamoyillari, tendensiyalari, va ijtimoiy-iqtisodiy holatidan qat’i nazar, jamiyatda keng va teng taqsimlanishini anglatadi. Texnologiya siyosati raqamli texnologiyalardan foydalanishni ragʻbatlantirish, tadbirkorlikni qoʻllab-quvvatlash hamda ishchilarni raqamli iqtisodiyotda tayyorlaydigan ta’lim va oʻquv dasturlariga sarmoya kiritish orqali iqtisodiy samaradorlikni oshirishda muhim ahamiyat kasb etadi. Qolaversa, savdo, transport, turizm, moliya, ta’lim va sogʻliqni saqlash kabi xizmat tarmoqlarining jadal rivojlanishi aholining turmush darajasi faravonligini yanada oshirmoqda. Raqamlashtirish jarayonlari, elektron xizmatlarning keng joriy etilishi va davlat tomonidan berilayotgan son-sanoqsiz imtiyozlar xizmatlar sektorini yanada raqobatbardosh qilishga xizmat qilmoqda. Shu bilan birga, aholini sogʻliqligini saqlash, atrof-muhitni muofaza qilish, ijtimoiy faollikni oshirish va ijtimoiy boshqaruv jarayoniga xizmat koʻrsatish jabhasini jalb qilish kabi sohalarni raqamlashtirish orqali rivojlanishning ijobiy istiqbollariga imkon yaratilmoqda. Istiqbolli xizmatlar sektorida zamonaviy iqtisodiyotdagi ahamiyati shuni ta’kidlaydiki, ba’zida koʻzga koʻrinmaydigan xizmat, qoʻl bilan ushlab boʻladigan mahsulotdan qimmatroq boʻlib ketadi. Zamonaviy iqtisodiyotda insonlar endi tovar va mahsulotlarga emas, boshqa odamlarning mehnati, eʻtibori

hamda vaqtiga pul to‘layapti. Iqtisodiy paradoks jihatdan xizmat ko‘rsatish tarmog‘i rivojlangan sari insonlarning nehnati kamaymoqda, biroq ularning qimmatli vaqti va aqliy salohiyati yanada qimmatlashmoqda. Shu sababli ham, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining qabul qilgan “Xizmatlar sohasini jadal rivojlantirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi qarori servis markazlari va infratuzilmani rivojlantirish xizmatlar ulushini oshirishni maqsad qilgan [1]. Bu qaror aynan yuzaga kelgan texnik nosozliklarni tezkor bartaraf etish orqali mijozlar sodiqligini oshirishga xizmat qiladi.

Adabiyotlar tahlili. Zamonaviy iqtisodiy sharoitda xizmat ko‘rsatish tarmog‘i shunchaki xo‘jalik yurituvchi subyektlar majmuasi emas, balki jamiyatning ijtimoiy faravonligini ta’minlovchi va inson qadrini ulug‘lovchi strategik yo‘nalishga aylandi. Ko‘plab mahalliy tadqiqotchilar ushbu sohani bozor infratuzilmasining fundamental sohasida talqin etib, undagi raqobat muhitini korxonalarni innovatsion rivojlanishga undovchi saosiy dravyer sifatida e’tirof etadilar.

A. V. Vaxabov, Sh. X. Xajibekov va N. G. Muminov, “Iqtisodiy nazariya”. Ushbu asar mohiyatida bozor iqtisodiyotining amal qilish mexanizmlari, raqobat muhitini shakllantiruvchi tendensiyalar va kichik biznesning iqtisodiy barqarorlikdagi roli nazariy jihatdan yoritilgan.

M. Q. Pardayev, Q. J. Mirzayev, O. M. Rardayev “Xizmatlar sohasi iqtisodiyoti” – bu asarning umumiy mazmuni shundan iboratki, server markazlarining o‘ziga xos xususiyatlari, xizmatlar bozori segmentatsiyasi va servis korxonalarida foyda ko‘rishning intensiv mexanizmlari izchil ravishda yoritilgan.

O‘. P. Umurzakov, “Xizmat ko‘rsatish korxonalari strategiyasi” – bu asarning mazmun-mohiyati servis jabhasida raqobatbardoshlikka erishishning ustuvor yo‘llari ko‘rib chiqilgan. Shu bilan bir qatorda xizmat ko‘rsatish jarayonini modernizatsiya qilishda innovatsion menejmentining roli ilmiy asoslab berilgan.

I. S. Tuxliyev, R. Hayitboyev, B. Sh. Safarov, G. R. Tursunova, “Turizm asoslari”. Ushbu manbada xizmat ko‘rsatish tarmog‘ida zamonaviy innovatsiyalarni joriy etish va sohaning eksport salohiyatini oshirish bo‘yicha to‘liq ravishda motevatsion tavsiyalar haqida ma’lumot berilgan.

Sh. M. Mirziyoyev, “Yangi O‘zbekiston strategiyasi”, bu manba shuni ta’kidlab o‘tadiki, mamalakat iqtisodiyotini diversifikatsiya qilish, xizmatlar sektorini yalpi ichki mahsulotdagi ulushini oshirish va tadbirkorlikka erkinlik berishning ustuvor yo‘nalishlari belgilangan.

Tadqiqot metadologiyasi. Mazkur izlanishning uslubiy poydevorini xizmat ko‘rsatish tarmog‘idagi murakkab iqtisodiy munosabatlarini yaxlit holda o‘rganishga imkon beruvchi tizimli yondashuv tashkil etadi. Tadqiqot jarayonida hodisalarning mohiyatini ochib berish uchun nazariy umumlashtirish, statistik abstraksiya hamda qiyosiy-dinamik tahlil usullaridan keng foydalanildi. Shuningdek, olingan ma’lumotlarni qayta ishlashda sintez va empirik tahlil

konsepsiyalari qo‘llanildi. Amalga oshirilgan ilmiy izlanishlar yakunida xizmat ko‘rsatish sohasida kichik tadbirkorlik subyektlarni rivojlantirishning o‘ziga xos dravyerlari aniqlanib, muhim ilmiy xulosalar shakllantirildi.

Natija va muhokamalar. Zamonaviy fan taraqqiyotining inkor qilib bo‘lmas tadqiqotlari shuni ko‘rsatadiki, xalqaro tajribalardan ma’lumki mamlakatning iqtisodiy salohiyatini ustuvor darajada oshirish uchun xizmatlar sektori paradoksi hamda makro biznes ahamiyati g‘oyatda ahamiyatlidir. Raqamlar iqtisodiyotda xizmat ko‘rsatish tarmoqlari korxonalarning barqaror rivojlanishi ular tomonidan qo‘yilgan maqsad va vazifalarga erishishda bozor tamoyillari asosida faoliyatni etishni nazarda tutadi. Shunga ko‘ra, xizmat ko‘rsatish jabhasidaf aoliyatni tashkil etgan intensiv rivojlanish prinsiplarni o‘z ichiga qamrab oladi:

1. Maqsadga yo‘naltirganlik tamoyili. Ushbu tamoyil korxonalarda rivojlanishning ijtimoiy-iqtisodiy maqsadlarini realizatsiya qilishga yo‘naltirgan.
2. Xizmatlarni realizatsiya qiluvchi subyekt faoliyati va iste’molchining yakuniy natijalardan qoniqishning muvofiqligi tamoyili.
3. Xizmatlar bozorida talab va taklif muvofiqligini ta’minlash tamoyili.
4. Xizmatlar sektorida mehnat unumdorligining uzluksiz o‘sishini ta’minlash.

Statistik tahlillar shuni ko‘rsatadiki, xizmat ko‘rsatishda muammoga duch kelgan, lekin u kompaniya tomonidan tezkor va kutilganidan a’lo darajada hal qilingan mijozlar, ularning qayta xarid qilish ehtimoli muammosiz xarid qilganlarga qaraganda 15-20 % ga yuqori bo‘ladi. Shu tufayli ham, xizmat ko‘rsatish paradoksi – bu shunchaki Tovar ayirlaboshlash emas, balki falsafaviy tafakkuriyatini ayriboshlash kognitividir.

Xizmatlar sohasining asosiy ko‘rsatkichlari (2024-yil holatiga ko‘ra)[15]

Hududlar nomi	Hajmi (mlrd) so‘mda)	Ulushi (%)	O‘sish sur’ati (%)
O‘zbekiston Respublikasi	818 428,3	100,0	112,9
Qoraqalpog‘iston Respublikasi	28 820,8	3,5	110,6
Andijon	41 807,5	5,1	113,1
Buxoro	34 495,1	4,2	111,2
Jizzax	20 069,5	2,5	113,8
Qashqadaryo	43 255,9	5,3	110,9
Navoiy	20 055,6	2,4	112,1
Namangan	43 090,6	5,3	112,3
Samarqand	58 875,7	7,2	114,1
Toshkent viloyati	56 317,9	6,9	112,8

[15] https://stat.uz/uz ma’lumotlari asosida muallif tomonida tuzilgan

2024-yilda, O‘zbekiston Respublikasida ko‘rsatilgan bozor xizmatlari hajmi 818 428,3 mlrd so‘mni tashkil etdi. Bu ko‘rsatkich xizmatlar sektorining zamonaviy iqtisodiyotdagi ahamiyati yildan-yilga ortib borayotganligini angalatadi. Umumiy o‘sish sur’ati esa 112,9 %ni tashkil etib, sektorning barqaror rivojlanish sur’atlarni umumiy namoyon qiladi. Shuningdek, Samarqand (7,2%), Farg‘ona (6,7%), va Toshkent viloyati (6,9%) xizmatlar ulushi bo‘yicha yuqori o‘rinlarni egallagan [7].

Xulosa. Zamonaviy global iqtisodiyotning fundamental o‘zgarishlari shuni ko‘rsatadiki, xizmat ko‘rsatish sektori nafaqat YaIMning asosiy ulushini shakllantirmoqda, balki o‘ziga xos “Raqamli paradoks” muhitini yuzaga keltirmoqda. Bu dravyerning mohiyati shundaki, texnologik taraqqiyot xizmatlar tannarxini pasaytirib, qulaylikni oshirsa-da, inson omili va hissiy intellektga bo‘lgan ehtiyoj yanada keskinlashib bormoqda. Qolaversa, xizmat ko‘rsatish tarmog‘ida sun’iy intellekt va avtomatlashtirish jarayonlarining joriy etilishi samaradorlikni geometrik progressiya asosida oshirmoqda. Biroq, paradoksial ravishda, mijozlar standartlashtirilgan raqamli xizmatlardan ko‘ra ko‘proq personallashtirilgan yondashuvni qidirmoqdalar. Bu esa kichik hamda xususiy tadbirkorlik sektorlaridan quyidagilarni talab etadi: raqamli platformalar orqali ma’lumotlarni izchil ravishda tahlil qilish, mijoz bilan muloqotda individual qiymat yaratish va xizmat sifatini nafaqat tezlik, balki hissiy qoniqish darajasi bilan o‘lchash tamoyillarni o‘z ichiga qamrab oladi. Xizmat ko‘rsatish paradoksining yana bir jihati – iqtisodiy foyda va ekologik barqarorlik o‘rtasidagi muvozanatdir. Zamonaviy xizmatlar infratuzilmasi (Logistika, yetkazib berish, raqamli serverlar) katta energiya hamda resurs talab etadi. Shu sababli ham, xizmatlar sektoridagi innovatsiyalar yashil xizmatlar va inklyuziv iqtisodiyot strategiyalari bilan chambarchas bog‘lanishi darkor. Zamonaviy iqtisodiyotning xizmat ko‘rsatish jabhasi shunchaki servis ko‘rsatish emas, balki jamiyatning intellektual va ma’naviy ehtiyojlarini qondiruvchi strategik dravyerga aylanishi darkor. Xizmat ko‘rsatish korxonalarida mijozlar bilan aloqa qiluvchi xodimlarni hissiy intellekt va psixologik tahlil metodlariga aylantirish zarur. Shuningdek, kichik biznes subyektalarini zamonaviy tendensiyalarga yo‘naltirish lozim. Resurslarni to‘g‘ri taqsimlash va “Ortiqcha taklif” paradoksidan qochish uchun ma’lumotlar tahlili kerak. Shu bilan bir qatorda, oliy ta’lim va o‘rta maxsus ta’lim muassasalarida xizmat ko‘rsatish iqtisodiyoti bo‘yicha “Dual ta’lim’ tizimini yanada ko‘proq kuchaytirish tamoyillarini targ‘ib qilish darkor. Zero, raqobatbardoshlikning zamonaviy iqtisodiyotdagi xizmat sektori paradoksi faqatgina narxda emas, balki xizmatning mazmuni va uning inson hayoti sifatiga qo‘shgan hissasi bilan belgilanishini aynan har bir ongli mavjudot uchun ham qarz ham farz vazifasini o‘tashini hech ham unutmaslik zarur.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

[1] A. V. Vaxabov, Sh. X. Xajibekov va N. G. Muminov, “Iqtisodiy nazariya”.2020.

[2] *I.S.TUXLIYEV*, *R.HAYITBOYEV*, *B.SH.SAFAROV*,. *G.R.TURSUNOVA*.

TURIZM. ASOSLARI ... «*Turizm asoslari*»

[3] *Pardayev M.Q., Mirzayev Q.J. va Rardayev O.M. (2014*). Xizmatlar sohasi iqtisodiyoti.

[4] **O‘. P. Umurzakov, “Xizmat ko‘rsatish korxonalari strategiyasi”**.

[5] Prezident Shavkat Mirziyoyevning «*Yangi O‘zbekiston Strategiyasi*».2021.

[6] https://lex.uz/ sayti

[7] https://www.oriens.uz sayti

UGLEROD CHIQINDILARI DINAMIKASINI DIFFERENSIAL TENGLAMALAR YORDAMIDA MODELLASHTIRISH

Usanov Kamoliddin Xolboyevich Samarqand iqtisodiyot va servis instituti
«Oliy matematika» kafedrasi o‘qituvchisi

Annotatsiya: Maqolada atmosferadagi CO_2 miqdori o‘zgarishini tavsiflovchi oddiy differensial tenglamalar tizimi ko‘rib chiqiladi. Model antropogen emissiya, okean va biosfera tomonidan yutilishni hisobga oladi. Emissiya eksponensial kamayganda tizimning analitik yechimi olingan va atmosferadagi konsentratsiya cho‘qqisi kumulyativ emissiya bilan bog‘liqligi ko‘rsatilgan.

Kalit so‘zlar: uglerod chiqindilari, differensial tenglamalar, iqlim modeli, stsenariy tahlili, yashil iqtisodiyot

Kirish: Iqlim o‘zgarishiga qarshi kurash zamonaviy yashil iqtisodiyotning markaziy yo‘nalishlaridan biridir. Parij kelishuvi doirasida ko‘plab davlatlar issiqxona gazlari emissiyasini kamaytirish majburiyatini oldi, biroq bu majburiyatlarning uzoq muddatli oqibatlarini oldindan baholash uchun miqdoriy vositalar zarur. Bunday vosita sifatida uglerod aylanishining matematik modellari xizmat qiladi. Matematik modellashtirish turli siyosiy qarorlar, masalan, emissiyani bosqichma-bosqich qisqartirish yoki o‘rmonlarni qayta tiklash dasturlari natijalarini real tajribalar o‘tkazmasdan taqqoslash imkonini beradi. Ushbu ishning maqsadi uglerod aylanishining soddalashtirilgan, ammo tahlil qilish mumkin bo‘lgan modelini qurish va uning xossalarini o‘rganishdir.

Modelning matematik ifodasi

Atmosferadagi ortiqcha uglerod miqdorini C(t), quruqlik biosferasidagi biomassani B(t) bilan belgilaymiz. Atmosferaga antropogen emissiya E(t) tushadi, uglerodning bir qismi okeanga so‘riladi, bir qismi esa o‘simliklar fotosintezi orqali biomassaga o‘tadi. Shunda tizim quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$\frac{dC}{dt} = E(t) - k_1\,(C - C_0) - k_2\,B(t)$$

$$\frac{dB}{dt} = g\,B\left(1 - \frac{B}{K}\right) - d\,B + u(t)$$

Bu yerda C_0 – sanoatgacha bo‘lgan muvozanat darajasi, k_1 – okean orqali yutilish koeffitsienti, k_2 – biomassa bilan bog‘liq yutilish koeffitsienti, g – biomassaning o‘sish sur'ati, K – sig‘im chegarasi, d – o‘lim va parchalanish koeffitsienti, u(t) – o‘rmonlarni qayta tiklash va ko‘chat o‘tqazish dasturlarining ta'sirini ifodalovchi boshqaruv funksiyasi. Ikkinchi tenglama logistik o‘sish qonuniga asoslangan bo‘lib, resurslar cheklangan sharoitda biomassa o‘sishini real tasvirlaydi.

Biomassa B o‘zgarmas deb olinsa, $y = C - C_0 + \frac{k_2 B}{k_1}$ almashtirishi tizimni $\frac{dy}{dt} = E(t) - k_1 y$ ko‘rinishidagi bitta chiziqli tenglamaga keltiradi. Uning xarakteristik ildizi $-k_1$ manfiy bo‘lgani uchun, tashqi ta'sir to‘xtaganda tizim muvozanat holatiga asimptotik yaqinlashadi, ya'ni model barqarordir.

Emissiya kamayish stsenariysi uchun analitik yechim

Emissiya vaqt o‘tishi bilan $E(t) = E_0 e^{-\lambda t}$ qonuni bo‘yicha kamayadi deb faraz qilamiz, bunda $\lambda > 0$ – qisqartirish sur'ati. Birinchi tartibli chiziqli tenglamani yechib, quyidagini olamiz:

$$y(t) = y_0 e^{-k_1 t} + E_0 \frac{e^{-\lambda t} - e^{-k_1 t}}{k_1 - \lambda}$$

Bu ifodadan muhim xulosa kelib chiqadi: emissiya to‘liq to‘xtagan holda ham, atmosferadagi konsentratsiya darhol kamaymaydi, balki ma'lum t* vaqtda maksimumga yetib, so‘ngina pasayadi. Maksimum nuqtasi $\frac{dy}{dt} = 0$ shartidan topiladi va $t^* = \frac{\ln(k_1/\lambda)}{k_1 - \lambda}$ ga teng. Umumiy kumulyativ emissiya $\int_0^\infty E\ dt = \frac{E_0}{\lambda}$ bo‘lgani uchun, λ qancha katta bo‘lsa, ya'ni qisqartirish qancha tez boshlansa va qat'iy bo‘lsa, cho‘qqi balandligi shuncha past bo‘ladi.

Murakkabroq, nochiziqli holatda (B(t) o‘zgaruvchan) tizim analitik yechilmaydi va to‘rtinchi tartibli Runge–Kutta usuli bilan raqamli integrallanadi: $y_{n+1} = y_n + \frac{h}{6}(\kappa_1 + 2\kappa_2 + 2\kappa_3 + \kappa_4)$, bu yerda κ_i – qadam ichidagi oraliq nuqtalarda hisoblangan o‘ng tomon qiymatlari. Qadam h tanlanganda yechimning turg‘unligi va aniqligi tekshiriladi.

Natijalarning tahlili va amaliy ahamiyati

Model tahlili uch muhim xulosaga olib keladi. Birinchidan, atmosferadagi konsentratsiya cho‘qqisi jami chiqarilgan uglerod miqdoriga bog‘liq, shu sababli emissiyani erta kamaytirishni boshlash kechiktirilgan keskin qisqartirishga qaraganda samaraliroqdir. Ikkinchidan, boshqaruv funksiyasi u(t) orqali o‘rmonlarni qayta tiklash dasturlari biomassa zaxirasini oshirib, k_2 B(t) hadi hisobiga atmosferadan yutilishni kuchaytiradi. Uchinchidan, okeanga yutilish koeffitsienti k_1 qancha past bo‘lsa, tizimning tiklanish vaqti $1/k_1$ shuncha uzoq bo‘ladi va iqlim siyosatining ta'siri sekinroq seziladi.

Raqamlashtirish nuqtayi nazaridan model hududiy ma'lumotlar bazalari bilan bog‘langanda, emissiya inventarizatsiyasi, sun'iy yo‘ldosh o‘lchovlari va statistik hisobotlar asosida parametrlarni avtomatik kalibrlash mumkin. Bu

hududiy uglerod byudjetini rejalashtirishda, shuningdek, yashil investitsiya dasturlarining samarasini baholashda foydalidir.

Xulosa. Tadqiqotda uglerod aylanishining ikki o‘zgaruvchili differensial modeli taklif etildi, uning barqarorligi isbotlandi va emissiya eksponensial kamayganda analitik yechim olindi. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, iqlim siyosatida vaqt omili hal qiluvchi ahamiyatga ega. Keyingi bosqichda modelga iqtisodiy o‘sish bloki qo‘shilib, emissiya va yalpi ichki mahsulot o‘rtasidagi o‘zaro ta'sir o‘rganilishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Meadows D.H., Meadows D.L., Randers J., Behrens W.W. The Limits to Growth. – New York: Universe Books, 1972.
2. Oeschger H., Siegenthaler U., Schotterer U., Gugelmann A. A box diffusion model to study the carbon dioxide exchange in nature // Tellus, 1975, 27(2), 168–192.
3. Hairer E., Nørsett S.P., Wanner G. Solving Ordinary Differential Equations I: Nonstiff Problems. – Berlin: Springer, 1993.
4. Sterman J.D. Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. – Boston: McGraw-Hill, 2000.
5. Nordhaus W.D. A Question of Balance: Weighing the Options on Global Warming Policies. – New Haven: Yale University Press, 2008.
6. Nordhaus W.D. Revisiting the social cost of carbon // Proceedings of the National Academy of Sciences, 2017, 114(7), 1518–1523.
7. IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. – Cambridge: Cambridge University Press, 2021.

YASHIL TEXNOLOGIYALARNI JORIY ETISHNI AGENT-ASOSLI MODELLASHTIRISH YORDAMIDA O‘RGANISH

Usanov Kamoliddin Xolboyevich Samarqand iqtisodiyot va servis instituti
«Oliy matematika» kafedrasi o‘qituvchisi

Annotatsiya: Maqolada iste'molchilar va korxonalarning qarorlari asosida elektromobillar va energiya tejovchi texnologiyalar tarqalishini simulyatsiya qilish uchun agent-asosli modellashtirish (ABM) metodikasi ko‘rib chiqiladi. Bass modeli bilan taqqoslash, qaror qabul qilish ehtimoli, ijtimoiy ta'sir va Monte-Karlo usulida sezgirlik tahlili bayon etilgan.

Kalit so‘zlar: agent-asosli modellashtirish, texnologiyalar tarqalishi, Bass modeli, elektromobil, simulyatsiya, Monte-Karlo

Kirish: Yangi yashil texnologiyalarning, masalan, elektromobillar, quyosh panellari va issiqlik nasoslarining ommalashuvi ko‘plab mustaqil ishtirokchilarning qarorlari yig‘indisi sifatida shakllanadi. Har bir xonadon yoki korxona o‘z daromadi, ehtiyojlari, ekologik qarashlari va atrofdagilarning tajribasiga qarab qaror qabul qiladi. Davlatning rag‘batlantirish siyosati ham shu

qarorlarga ta'sir qiladi.

Bunday murakkab, o‘zaro ta'sirlashuvchi tizimlarni oddiy agregat tenglamalar bilan to‘liq tavsiflab bo‘lmaydi. Shu sababli agent-asosli modellashtirish (ABM) usuli qo‘llaniladi: unda alohida ishtirokchilar (agentlar) o‘z xatti-harakat qoidalari bilan kompyuter modelida tasvirlanadi va tizimning umumiy xulosasi ularning o‘zaro ta'siridan paydo bo‘ladi.

Agregat model: Bass tenglamasi

Taqqoslash uchun yangi texnologiya tarqalishining klassik agregat modeli – Bass modelini ko‘rib chiqamiz. Unda N(t) – vaqt t gacha texnologiyani qabul qilganlar soni, M – potensial bozor hajmi:

$$\frac{dN}{dt} = \left(p + q\,\frac{N}{M}\right)(M - N)$$

Bu yerda p – tashqi ta'sir (reklama, siyosat) koeffitsienti, q – ichki, ya'ni ijtimoiy ta'sir (qo‘shnilardan o‘rganish) koeffitsienti. Model S-simon egri chiziqni beradi: dastlab sekin, so‘ng tez tarqalish va to‘yinish. Biroq Bass modeli barcha iste'molchilarni bir xil deb hisoblaydi, ularning daromadi, joylashuvi va ijtimoiy aloqalaridagi farqni, shuningdek, siyosat vositalarining har xil guruhlarga turlicha ta'sirini ko‘rsatmaydi. ABM bu kamchiliklarni bartaraf etadi.

Agent-asosli model tuzilishi

ABM da har bir agent i uchun xususiyatlar to‘plami belgilanadi: daromad darajasi, ekologik ong ko‘rsatkichi, joylashuvi, ijtimoiy aloqalari. Agentlar ijtimoiy tarmoq grafi bo‘ylab bog‘langan. Har bir qadamda agent texnologiyani sotib olish haqida qaror qabul qiladi; qabul qilish ehtimoli odatda logistik funksiya bilan beriladi:

$$z_i = \beta_0 + \beta_1\,\text{narx}_i + \beta_2\,\text{rag‘bat}_i + \beta_3\,\text{ijtimoiy ta’sir}_i + \beta_4\,\text{ekologik ong}_i$$

$$P_i = \frac{1}{1 + e^{-z_i}}$$

Bu yerda ijtimoiy ta'sir agentning qo‘shnilari orasida texnologiyani qabul qilganlar ulushi bilan o‘lchanadi. Granovetterning bo‘sag‘a modeli g‘oyasiga muvofiq, har bir agentning o‘z bo‘sag‘asi bor: atrofdagilarning ma'lum ulushi qabul qilgandan so‘ng agent ham qabul qiladi. Bunday mexanizm «tarqalish nuqtasi» hodisasini, ya'ni qabul qilish ulushi ma'lum chegaradan o‘tgach tez o‘sishini tabiiy ravishda keltirib chiqaradi.

Modelni tavsiflash va boshqalar tomonidan takrorlash imkonini berish uchun ODD protokoli (maqsad, mohiyat va jarayonlar, dizayn, tafsilotlar) qo‘llaniladi. Agentlarning boshlang‘ich xususiyatlari real statistik ma'lumotlar, masalan, aholi daromadi taqsimoti va hududiy joylashuvi bo‘yicha kalibrlanadi.

Simulyatsiya va siyosat stsenariylari

Model quyidagi stsenariylar bo‘yicha ishga tushiriladi: (1) rag‘batlantirishsiz bazaviy holat, (2) texnologiya narxiga subsidiya, (3) infratuzilmani kengaytirish (masalan, zaryadlash stansiyalari), (4) ikkala chorani birgalikda qo‘llash. Har bir stsenariy uchun qabul qilish ulushining vaqt bo‘yicha o‘zgarishi va yig‘ma ekologik samara, masalan, kamaygan emissiya hisoblanadi.

Modelda tasodifiy elementlar mavjud bo‘lgani sababli, bitta ishga tushirish natijasiga tayanib bo‘lmaydi. Shu sababli Monte-Karlo usulida yuzlab takroriy simulyatsiyalar o‘tkaziladi va natijalar o‘rtacha hamda o‘zgaruvchanlik oralig‘i bilan taqdim etiladi. Parametrlarga sezgirlik, ya'ni model xulosalari β koeffitsientlari yoki tarmoq tuzilishi o‘zgarganda qanchalik barqaror ekani ham shu tarzda tekshiriladi.

Adabiyotlardagi ABM tadqiqotlariga ko‘ra, narxga subsidiya va infratuzilmani rivojlantirish kabi chora-tadbirlar birgalikda qo‘llanilganda, ularning ta'siri alohida qo‘llangandagiga nisbatan kuchliroq bo‘lishi mumkin, chunki ular texnologiyani qabul qilishning turli to‘siqlarini bartaraf etadi. Bu xulosa har bir aniq hudud uchun kalibrlangan model yordamida alohida tekshirilishi lozim.

Xulosa

Agent-asosli modellashtirish yashil texnologiyalar tarqalishini iste'molchilarning xilma-xilligi va ijtimoiy ta'sirini hisobga olgan holda o‘rganishga imkon beradi. Bass modeli kabi agregat yondashuvlardan farqli ravishda ABM siyosat vositalarining turli guruhlarga ta'sirini va ularning o‘zaro uyg‘unligini tahlil qiladi. Davlat dasturlarini amalga oshirishdan oldin turli chora-tadbirlar samarasini kompyuter tajribasida sinab ko‘rish uchun bu yondashuv foydalidir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Bass F.M. A new product growth for model consumer durables // Management Science, 1969, 15(5), 215–227.

2. Rogers E.M. Diffusion of Innovations. – New York: Free Press, 2003.

3. Granovetter M. Threshold models of collective behavior // American Journal of Sociology, 1978, 83(6), 1420–1443.

4. Bonabeau E. Agent-based modeling: Methods and techniques for simulating human systems // Proceedings of the National Academy of Sciences, 2002, 99(suppl. 3), 7280–7287.

5. Epstein J.M., Axtell R. Growing Artificial Societies: Social Science from the Bottom Up. – Cambridge: MIT Press, 1996.

6. Wilensky U., Rand W. An Introduction to Agent-Based Modeling. – Cambridge: MIT Press, 2015.

7. Grimm V. va boshq. A standard protocol for describing individual-based and agent-based models // Ecological Modelling, 2006, 198(1–2), 115–126.

8. Rai V., Robinson S.A. Agent-based modeling of energy technology adoption: Empirical integration of social, behavioral, economic, and environmental factors // Environmental Modelling & Software, 2015, 70, 163–177.

EKOLOGIK KUZNETS EGRI CHIZIG‘INI EKONOMETRIK MODELLASHTIRISH: IQTISODIY O‘SISH VA IFLOSLANISH O‘RTASIDAGI BOG‘LIQLIK

Usanov Kamoliddin Xolboyevich Samarqand iqtisodiyot va servis instituti
«Oliy matematika» kafedrasi o‘qituvchisi

Annotatsiya: Maqolada iqtisodiy o‘sish va atrof-muhit ifloslanishi o‘rtasidagi bog‘liqlikni panel ma'lumotlar regressiyasi yordamida baholash metodikasi bayon etiladi. Spetsifikatsiya, burilish nuqtasini hisoblash, Xausman testi, statsionarlik va kointegratsiya tekshiruvlari hamda natijalarni talqin qilish masalalari ko‘rib chiqilgan.

Kalit so‘zlar: ekologik Kuznets egri chizig‘i, ekonometrika, panel ma'lumotlar, Xausman testi, yashil o‘sish

Kirish: Iqtisodiy o‘sish va atrof-muhit sifati o‘rtasidagi munosabat yashil iqtisodiyot nazariyasining markaziy savollaridan biridir. Ekologik Kuznets egri chizig‘i (EKC) gipotezasiga ko‘ra, iqtisodiy rivojlanishning dastlabki bosqichida aholi jon boshiga daromad oshgani sayin ifloslanish ham ko‘payadi, ma'lum daromad darajasidan keyin esa texnologiyalar yaxshilanishi, ekologik talablar kuchayishi va xizmat ko‘rsatish sohasining ulushi oshishi hisobiga kamaya boshlaydi. Natijada daromad va ifloslanish o‘rtasida teskari U-shaklidagi bog‘liqlik hosil bo‘ladi.

Gipoteza nomini S. Kuznets tomonidan daromad tengsizligi uchun taklif etilgan shunga o‘xshash egri chiziqdan olgan. Ekologik kontekstda uni G. Grossman va A. Kryuger 1990-yillar boshida empirik tahlil qilgan. Hozirgi kunda EKC gipotezasi keng muhokama qilinadi va ko‘plab tadqiqotlar uning universal ekanini shubha ostiga oladi. Maqolada bu bog‘liqlikni ekonometrik baholash metodikasi bayon etiladi.

Model spetsifikatsiyasi: Standart spetsifikatsiya davlatlar va yillar bo‘yicha panel ma'lumotlarga asoslanadi va daromadning kvadratik hadini o‘z ichiga oladi:

$$\ln E_{it} = \alpha + \beta_1 \ln Y_{it} + \beta_2 [\ln Y_{it}]^2 + \gamma Z_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it}$$

Bu yerda E_i – i-davlatning t-yildagi ifloslanish ko‘rsatkichi (masalan, aholi jon boshiga CO_2 emissiyasi), Y_i – aholi jon boshiga YaIM, Z_i – nazorat o‘zgaruvchilari (energiya tarkibi va intensivligi, sanoat ulushi, tashqi savdo ochiqligi, shaharlashuv), μ_i – davlatning individual effekti, λ – vaqt effekti, ε_i – tasodifiy xato. Logarifmik shakl koeffitsientlarni elastiklik sifatida talqin qilish imkonini beradi.

Teskari U-shakldagi bog‘liqlik $\beta_1 > 0$ va $\beta_2 < 0$ bo‘lganda tasdiqlanadi. Ifloslanish eng yuqori nuqtaga yetadigan burilish nuqtasi birinchi tartibli shartdan topiladi:

$$Y^* = \exp\left(-\frac{\beta_1}{2\beta_2}\right)$$

Y* qiymatini haqiqiy aholi jon boshiga daromad bilan solishtirish muhim: agar ko‘plab kuzatuvlar burilish nuqtasidan pastda joylashgan bo‘lsa, ifloslanishning kamayish bosqichi hali boshlanmagan deb hisoblanadi.

Baholash va diagnostik tekshiruvlar

Panel ma'lumotlarda qat'iy effektlar (FE) va tasodifiy effektlar (RE) modellari orasidan tanlash Xausman testi yordamida amalga oshiriladi:

$$H = \left(\hat{\beta}_{FE} - \hat{\beta}_{RE}\right)^T \left[\mathrm{Var}\left(\hat{\beta}_{FE}\right) - \mathrm{Var}\left(\hat{\beta}_{RE}\right)\right]^{-1} \left(\hat{\beta}_{FE} - \hat{\beta}_{RE}\right) \sim \chi^2(k)$$

H statistikasi kritik qiymatdan yuqori bo‘lsa, RE modelidagi individual effektlar regressorlar bilan bog‘liq emas degan faraz rad etiladi va qat'iy effektlar modeli tanlanadi. Bundan tashqari, iqtisodiy o‘zgaruvchilarning ko‘pchiligi statsionar emas, shuning uchun soxta regressiya xavfi mavjud. Shu sababli panel birlik ildiz testlari (masalan, Im–Pesaran–Shin) va kointegratsiya testlari (masalan, Pedroni) o‘tkaziladi. Kointegratsiya bo‘lsa, o‘zgaruvchilar o‘rtasida uzoq muddatli muvozanat bog‘liqlik mavjudligi tasdiqlanadi.

Boshqa muhim muammolar: davlatlar o‘rtasida kesishuvchi bog‘liqlik, geteroskedastiklik va avtokorrelyatsiya. Ularni hisobga olish uchun mustahkam standart xatolar yoki Driscoll–Kraay tipidagi baholovchilar qo‘llanadi. Shuningdek, kvadratik shaklning o‘ziga alternativa sifatida kubik had yoki bo‘lakli chiziqli spetsifikatsiyalar tekshirilib, natijalarning spetsifikatsiyaga sezgirligi baholanadi.

Natijalarning talqini va siyosiy xulosalar: Empirik adabiyotlar ko‘rsatishicha, EKC natijalari ifloslanish turi va davlatlar guruhiga kuchli bog‘liq. Mahalliy ifloslantiruvchilar, masalan, oltingugurt dioksidi uchun teskari U-shakl ko‘proq tasdiqlanadi, global ta'sirga ega CO_2 emissiyasi uchun esa burilish nuqtasi ko‘pincha juda yuqori daromadlarda joylashadi yoki umuman kuzatilmaydi. Bundan tashqari, ba'zi davlatlarda ifloslanishning kamayishi shunchaki ifloslantiruvchi ishlab chiqarishning boshqa mamlakatlarga ko‘chirilishi bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin. Shu sababli «avval o‘sish, keyin tozalash» tamoyiliga tayanish asossiz. Daromadning oshishi o‘z-o‘zidan ifloslanishni kamaytirmaydi: bunga faol ekologik siyosat, texnologiyalarni uzatish, energiya samaradorligini oshirish va qayta tiklanuvchi manbalarga o‘tish orqali erishiladi. Raqamlashtirish nuqtayi nazaridan, regressiya tahlilini ochiq xalqaro ma'lumotlar bazalari asosida avtomatlashtirish va natijalarni muntazam yangilab borish mumkin.

O‘zbekiston va mintaqa davlatlari uchun EKC tahlili o‘tkazilganda mamlakatlar o‘z iqtisodiyotining tarkibi, energiya balansi va ma'lumotlar uzunligini hisobga olishi lozim; qisqa vaqt qatorlari natijalarni ishonchsiz qilishi mumkin.

Xulosa: Ekologik Kuznets egri chizig‘ini baholash panel ma'lumotlar ekonometrikasining zamonaviy usullarini talab qiladi: spetsifikatsiyani to‘g‘ri tanlash, Xausman testi, statsionarlik va kointegratsiyani tekshirish. Natijalar sinchkovlik bilan talqin qilinishi kerak, chunki bog‘liqlik universal emas. Yashil iqtisodiyotga o‘tishda ekologik siyosat va texnologik rivojlanish ifloslanishni

kamaytirishning asosiy vositalari bo‘lib qoladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kuznets S. Economic growth and income inequality // American Economic Review, 1955, 45(1), 1–28.

2. Grossman G.M., Krueger A.B. Economic growth and the environment // Quarterly Journal of Economics, 1995, 110(2), 353–377.

3. Stern D.I. The rise and fall of the environmental Kuznets curve // World Development, 2004, 32(8), 1419–1439.

4. Dinda S. Environmental Kuznets curve hypothesis: A survey // Ecological Economics, 2004, 49(4), 431–455.

5. Hausman J.A. Specification tests in econometrics // Econometrica, 1978, 46(6), 1251–1271.

6. Im K.S., Pesaran M.H., Shin Y. Testing for unit roots in heterogeneous panels // Journal of Econometrics, 2003, 115(1), 53–74.

7. Pedroni P. Critical values for cointegration tests in heterogeneous panels with multiple regressors // Oxford Bulletin of Economics and Statistics, 1999, 61(S1), 653–670.

8. Wooldridge J.M. Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data. – Cambridge: MIT Press, 2010.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДИНАМИКИ БЕЗНАЛИЧНЫХ ПЛАТЕЖЕЙ В УЗБЕКИСТАНЕ ЗА ПОСЛЕДНИЕ ПЯТЬ ЛЕТ

асс. Фахриддинова Сарвиноз Фазлиддиновна Самаркандский институт экономики и сервиса. Г. Самарканд

Аннотация: В статье представлен статистический анализ динамики безналичных платежей в Республике Узбекистан за период 2020–2024 гг. На основе данных Центрального банка Республики Узбекистан и аналитических источников рассмотрены основные показатели развития платёжной инфраструктуры. Результаты анализа показали устойчивый рост всех ключевых индикаторов, что свидетельствует о глубокой цифровизации финансового сектора и формировании «цифрового платёжного общества».

Ключевые слова: безналичные платежи, цифровизация, платёжная система, банковские карты, POS-терминалы.

Введение: В последние годы Узбекистан переживает стремительный переход от наличных форм расчетов к безналичным. Рост цифровизации банковских услуг, развитие национальных платёжных систем HUMO и UZCARD, а также распространение мобильного банкинга способствовали формированию современной платёжной инфраструктуры. Безналичные расчёты стали ключевым элементом модернизации финансовой системы страны, обеспечивая прозрачность операций,

снижение издержек и повышение эффективности государственного и частного секторов. Анализ их динамики за 2020–2024 годы позволяет выявить основные тенденции цифровой трансформации финансового сектора.

Анализ литературы по теме Вопросы развития безналичных платежей и цифровизации финансового сектора Узбекистана в последние годы получили широкое освещение как в научных исследованиях, так и в аналитических обзорах.

В официальных статистических отчётах **Центрального банка Республики Узбекистан (2020–2024 гг.)** отражается устойчивая положительная динамика ключевых показателей платёжной системы: увеличение количества банковских карт, расширение сети POS-терминалов и рост объёмов межбанковских транзакций. Эти данные служат основной эмпирической базой для анализа тенденций в сфере безналичных расчётов. В отчётах **KPMG (2023)** подчёркивается, что Узбекистан является одним из лидеров Центральной Азии по темпам цифровизации финансового сектора. Авторы отмечают активное развитие национальных платёжных систем **HUMO** и **UZCARD**, а также внедрение мобильных и QR-платежей, которые способствовали расширению финансовой инклюзии населения. Публикации **UzDaily (2024)** и **UzReport News (2024)** подтверждают значительный рост объёма безналичных операций, особенно в период после пандемии COVID-19, когда наблюдался резкий переход населения и бизнеса к онлайн-платежам.

Кроме того, в **Программе цифровизации финансового сектора Республики Узбекистан на 2021–2025 годы**, утверждённой Министерством экономики и финансов, обозначены ключевые направления государственной политики по развитию цифровых платёжных инструментов, включая интеграцию государственных сервисов с банковской инфраструктурой.

Таким образом, проведённый анализ литературы показывает, что тема безналичных платежей в Узбекистане является актуальной и имеет устойчивую исследовательскую базу, отражающую переход страны к цифровому платёжному обществу.

Цель исследования: Целью настоящего исследования является статистический анализ динамики безналичных платежей в Республике Узбекистан за последние пять лет, с определением темпов роста ключевых показателей и факторов, влияющих на их изменение.

Материалы и методы: Исследование основано на официальных данных Центрального банка Республики Узбекистан (ЦБ РУз), а также аналитических публикациях KPMG и UzDaily.

Для анализа были использованы следующие показатели:

- количество банковских карт в обращении (млн шт.);
- количество POS-терминалов (тыс. ед.);

- объём операций через POS-терминалы (млрд USD);
- совокупный объём транзакций через межбанковскую платёжную систему (трлн сумов).

Методы исследования включали динамический, сравнительный и графический анализ.

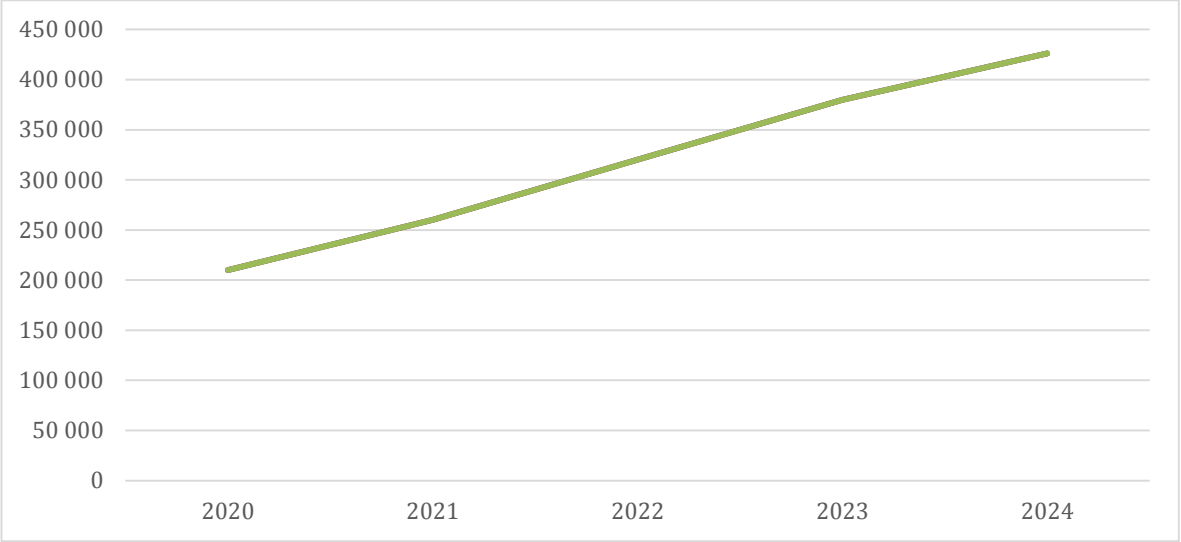
Год	Количество банковских карт (млн шт)	Количество POS-терминалов (тыс. ед)	Объём операций через POS-терминалы (млрд USD)	Объём межбанковских платежей (трлн сумов)
2020	18,0	210	6	800
2021	27,1	260	10	1 500
2022	34,2	320	16	3 100
2023	46,2	380	23	5 200
2024	49,6	430	30	7 279

Результаты исследования.

1. Количество банковских карт. Количество банковских карт в обращении возросло с 18 млн в 2020 году до 49,6 млн в 2024 году, что эквивалентно росту на 175%. Это отражает не только расширение клиентской базы банков, но и формирование у населения привычки к использованию электронных средств платежа.



2. POS-инфраструктура. Количество POS-терминалов увеличилось с 210 тыс. до 430 тыс. за рассматриваемый период.



3. Объём операций через POS-терминалы. Суммарный объём платежей через POS-системы вырос с 6 млрд USD в 2020 году до 30 млрд USD в 2024 году. Рост в пять раз демонстрирует не только количественное, но и качественное изменение структуры платежей, а также увеличение доли крупных безналичных покупок и электронных сервисов.

4. Межбанковская платёжная система. Общий объём транзакций через межбанковскую систему вырос с 800 трлн сумов до 7279 трлн сумов, что подтверждает высокий уровень интеграции банковского сектора и доверие со стороны корпоративных клиентов.

Результаты исследования указывают на комплексную цифровизацию финансовой системы. Рост числа карт и POS-терминалов напрямую коррелирует с увеличением объёмов транзакций.

Заключение и предложения. Проведённое исследование показало, что за последние пять лет Узбекистан достиг существенного прогресса в развитии безналичных платежей и цифровизации финансовой системы. Количество банковских карт и POS-терминалов значительно возросло, а общий объём безналичных транзакций увеличился в несколько раз. Это свидетельствует о формировании современного платёжного пространства и укреплении доверия к электронным финансовым инструментам.

Ключевые выводы исследования:

1. В период 2020–2024 гг. наблюдается устойчивая тенденция роста всех показателей платёжной инфраструктуры.

2. Активное внедрение национальных платёжных систем **HUMO** и **UZCARD** способствовало повышению доступности безналичных расчётов для населения.

3. Рост межбанковских транзакций отражает укрепление финансовой прозрачности и повышение эффективности денежного оборота в экономике.

4. Государственная политика в области цифровизации финансового сектора сыграла ключевую роль в ускорении перехода к безналичным формам расчётов.

На основе полученных результатов предлагаются следующие рекомендации:

– Продолжить стимулирование внедрения инновационных решений, включая QR-платежи, цифровые кошельки и онлайн-банкинг;
– Усилить меры по кибербезопасности и защите персональных данных пользователей платёжных систем;
– Развивать систему финансовой грамотности населения с акцентом на преимущества безналичных расчётов;
– Обеспечить равномерное развитие POS-инфраструктуры во всех регионах страны, особенно в сельской местности;
– Поддерживать интеграцию государственных и банковских цифровых сервисов для повышения удобства и прозрачности финансовых операций.

Таким образом, дальнейшее развитие безналичных платежей в Узбекистане должно опираться на баланс между инновациями, безопасностью и финансовой доступностью, что позволит сформировать устойчивую и конкурентоспособную национальную платёжную экосистему.

Список литературы

1. Центральный банк Республики Узбекистан. Статистические отчёты по платёжной системе за 2020–2024 гг. – https://cbu.uz/ru/statistics/payments
2. UzDaily. Количество банковских карт и POS-терминалов в Узбекистане превысило 49 млн. – Май 2024.
3. KPMG Uzbekistan. Обзор финтех-рынка и цифровых платежей в Центральной Азии. – 2020-2024.
4. UzReport News. Объём транзакций через межбанковскую систему в 2024 году превысил 7 279 трлн сумов. – Декабрь 2024.
5. Министерство экономики и финансов Республики Узбекистан. Программа цифровизации финансового сектора 2021–2025 гг.
6. Central Bank of Uzbekistan. Information about issued banking cards, POS-terminals and interbank payment systems. – Statistical Bulletin, 2024.

ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ УРОВНЯ БЕЗРАБОТИЦЫ НА ИНФЛЯЦИЮ В РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН. ПРОВЕРКА КРИВОЙ ФИЛЛИПСА. (2020–2024 ГГ.)

асс. Фахриддинова Сарвиноз Фазлиддиновна Самаркандский институт экономики и сервиса. Г. Самарканд

Аннотация: В статье проводится эконометрический анализ взаимосвязи между уровнем безработицы и инфляцией в Республике Узбекистан за 2020–2024 гг. Исследование основано на данных Государственного комитета по статистике и Всемирного банка. Для оценки зависимости использована модель линейной регрессии. Результаты показали отсутствие статистически значимой зависимости между

инфляцией и безработицей.

Ключевые слова: инфляция, безработица, эконометрический анализ, анализ зависимости, коэффициент корреляции и детерминации, кривая Филлипса.

Введение. Одной из ключевых проблем макроэкономической теории и политики является соотношение между инфляцией и безработицей, выраженное в концепции кривой Филлипса. Согласно классическому подходу, существует обратная зависимость между этими показателями: снижение безработицы сопровождается ростом инфляции и наоборот. Однако в современных экономиках, особенно развивающихся, эта взаимосвязь нередко оказывается нестабильной. Для Узбекистана последние 5 лет - характеризуются глубинными экономическими трансформациями: либерализацией валютного рынка, реформами рынка труда, пандемией COVID-19 и внешними ценовыми шоками. Эти факторы могли изменить традиционные закономерности взаимодействия инфляции и безработицы.

Настоящее исследование направлено на проверку применимости кривой Филлипса для условий Узбекистана на основе статистических данных последних пяти лет.

Обзор и анализ соответствующей литературы. Для более глубокого понимания проблемы влияния уровня безработицы на инфляцию необходимо рассмотреть существующие теоретические и эмпирические исследования по данной теме. Изучение научных трудов и официальных источников данных позволяет определить, какие подходы применялись другими авторами, какие результаты были получены

В отчётах Центрального банка Республики Узбекистан и Государственного комитета по статистике отмечается, что в 2020-2024 годах уровень инфляции постепенно снижался с 11% до около 9%, а безработица с 5,4% до 4,3%. Эти данные использованы в данной статье для построения сравнительного анализа. Современные исследования Международного валютного фонда и Всемирного банка показывают, что в развивающихся странах, включая Узбекистан, кривая Филлипса проявляется слабо. Это объясняется влиянием внешних факторов, таких как: колебания мировых цен, валютных курсов и изменениями денежно-кредитной политики.

В отчётах Всемирного банка и Азиатского банка развития отмечается, что экономика Узбекистана в последние годы претерпела значительные структурные изменения: повышение производительности труда, рост занятости в промышленности и услугах, активная поддержка предпринимательства. Всё это влияет на динамику безработицы и инфляции.

Кроме того, ряд отечественных исследователей в своих публикациях указывают, что в условиях рыночных реформ классическая кривая

Филлипса для Узбекистана не подтверждается, поскольку на инфляцию сильнее влияют валютный курс, импортные цены и государственные субсидии.

Исследование взаимосвязи между уровнем безработицы и инфляцией является одной из ключевых тем макроэкономической теории, начиная с классической работы Филлипса, где была выявлена обратная зависимость между ростом заработной платы и уровнем безработицы в Великобритании. Классическая кривая Филлипса служит основой для многих последующих моделей, которые анализируют влияние безработицы на инфляцию, включая адаптивные и рациональные ожидания. Исследования динамики кривой Филлипса в условиях открытой экономики и показали, что монетарная политика и ожидания инфляции могут существенно модифицировать её форму. Выделяется, что в странах с переходной экономикой, где рынки труда менее гибкие, традиционная зависимость «безработица - инфляция» может проявляться слабо

Современные исследования подтверждают, что кривая Филлипса является динамическим явлением, зависящим не только от внутренних факторов экономики, но и от внешних шоков. Например, в глобальной литературе рассматривается влияние изменения мировых цен на энергоносители, международных цепочек поставок и валютного курса на инфляционные процессы. В отдельных работах отмечается, что в развивающихся странах с высокой долей неформальной занятости и структурной нестабильностью рынка труда прямая связь между безработицей и инфляцией может быть практически не наблюдаемой.

Методология исследования. Методологией является оценка влияния уровня безработицы на инфляцию в Узбекистане за период 2020–2024 гг. Для достижения цели поставлены следующие задачи:

1. Систематизировать статистические данные об уровне инфляции и безработицы.
2. Провести описательный и регрессионный анализ зависимости.
3. Интерпретировать полученные результаты и выработать рекомендации.

Исследование основано на официальных данных Центрального банка Республики Узбекистан (ЦБ РУз), а также аналитических публикациях.

Для анализа были использованы следующие показатели:

– Уровень безработицы

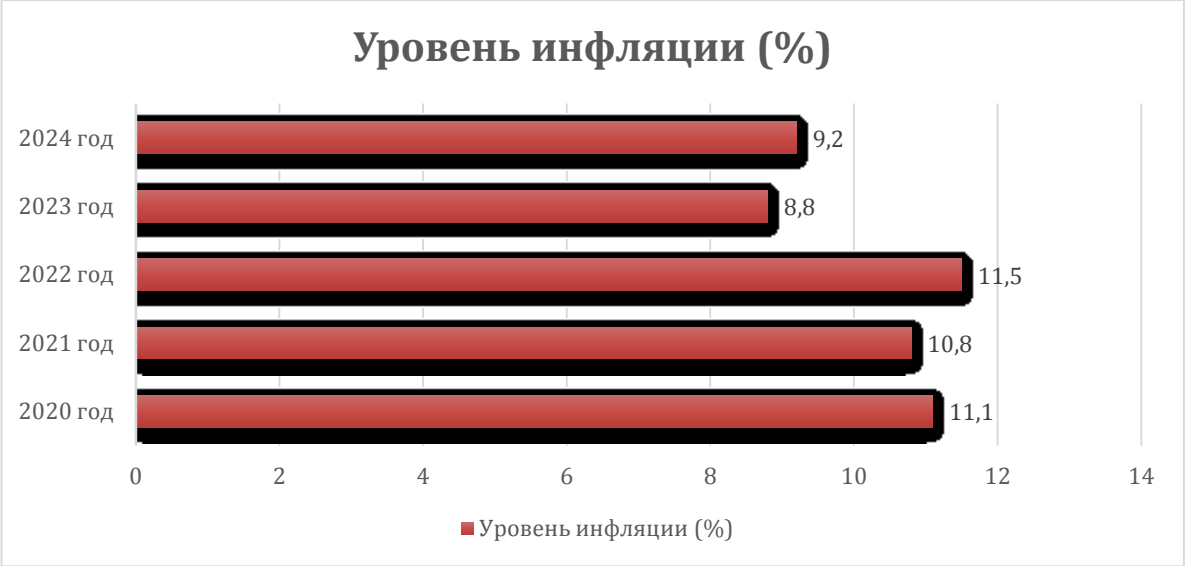
– Уровень инфляции

Методы исследования включают: сравнение динамических рядов, расчёт темпов изменения показателей и качественную интерпретацию связи между инфляцией и безработицей.

Год	Уровень инфляции (%)	Уровень безработицы (%)
2020	11,1	10,5

2021	10,8	9,3
2022	11,5	8,4
2023	8,8	7,1
2024	9,2	5,2

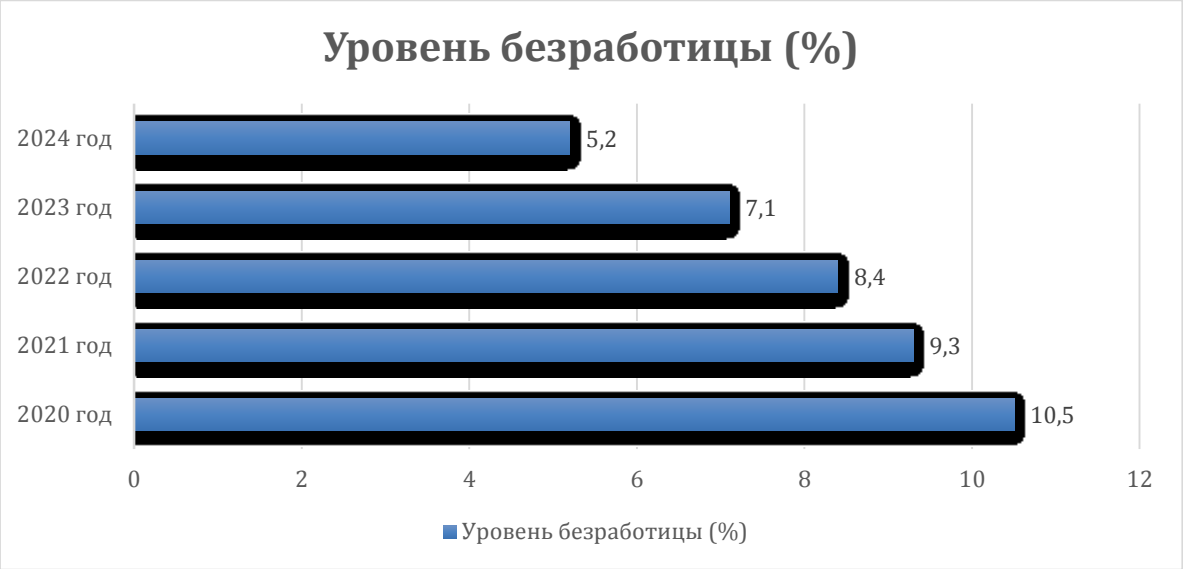
Анализ и результаты. В 2020 году инфляция в Узбекистане находилась на уровне около 11%, что отражало последствия валютной либерализации и роста потребительских цен на импортные товары. В 2021 году наблюдалось незначительное замедление инфляционных процессов, однако в 2022 году инфляция вновь ускорилась до 11,5%. Начиная с 2023 года, темпы роста цен начали снижаться: инфляция опустилась до 8,8 %, а к концу 2024 года стабилизировалась в пределах 9 %.



Таким образом, динамика инфляции в рассматриваемый период демонстрирует общую тенденцию к стабилизации и постепенному снижению, несмотря на временные колебания, вызванные внешними факторами

Динамика безработицы за 2020-2024 годы показывает нисходящий тренд. В 2020 году уровень безработицы достигал 10,5%, так как это было связано с последствиями пандемии, сокращением рабочих мест. Уже в 2021 году показатель снизился до 9,3 % благодаря восстановлению деятельности предприятий и реализации программ занятости.

В последующие годы безработица продолжила снижаться: в 2022 году до 8,4%, в 2023 году до 7,1%, а к 2024 году достигла уровня 5,2 %. Это отражает активизацию рынка труда, развитие малого и среднего бизнеса, государственные инвестиции в инфраструктуру и расширение возможностей для самозанятости.



Для проверки наличия взаимосвязи между уровнем безработицы и инфляцией в Узбекистане за 2020-2024 гг. проведён простой эконометрический анализ на основе годовых данных. В исследовании использованы показатели инфляции в качестве зависимой переменной **Y** и уровень безработицы, как независимая переменная **X**.

Для оценки связи применяется простая линейная регрессионная модель:

$$Y = a + bX + \varepsilon$$

При расчёте коэффициентов **a** и **b,** получаем следующий результат:

b = 0,45

a = 6,6

Следовательно, уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$Y = 6,6 + 0,45X + \varepsilon$$

Рассчитаем коэффициент корреляции:

r = 0,77

А также коэффициент детерминации:

$$R^2 = 0,593$$

Заключение и предложения. Проведённое исследование было направлено на выявление взаимосвязи между уровнем безработицы и инфляцией в Узбекистане за период 2020-2024 годов. Теоретической основой анализа послужила кривая Филлипса, согласно которой между этими двумя показателями существует обратная зависимость: при снижении безработицы инфляция должна возрастать, а при её росте должна снижаться. Для проверки данного предположения были использованы официальные статистические данные и проведён эконометрический анализ с применением метода наименьших квадратов. В результате расчётов получены количественные оценки, показывающие наличие умеренно сильной прямой связи между показателями. Коэффициент корреляции составил 0,77, что свидетельствует о заметной взаимозависимости, а коэффициент детерминации 0,59 указывает, что почти 60% изменений

инфляции объясняются изменениями уровня безработицы. Однако полученные результаты демонстрируют отклонение от классического представления о кривой Филлипса. Вместо ожидаемой обратной зависимости в Узбекистане за исследуемый период наблюдается прямая взаимосвязь, то есть рост безработицы сопровождается повышением инфляции. Это говорит о том, что на экономические процессы в стране влияют дополнительные факторы, которые искажают традиционные закономерности. Такое поведение может быть объяснено рядом обстоятельств. В указанные годы экономика Узбекистана проходила этап структурных преобразований, связанных с либерализацией рынков, изменением ценовой и валютной политики, воздействием пандемии COVID-19 и глобальных экономических шоков. Эти факторы оказали сильное влияние как на рынок труда, так и на динамику цен, нарушив привычный механизм взаимодействия между ними. Кроме того, инфляционные процессы в Узбекистане в значительной степени зависят от внешнеэкономической конъюнктуры, колебаний валютных курсов, мировых цен на продовольствие и энергоносители. Таким образом, проведённый анализ показал, что в период 2020-2024 годов экономика Узбекистана не демонстрирует классическую модель поведения, описанную кривой Филлипса. Наблюдается прямая, а не обратная зависимость между инфляцией и безработицей, что свидетельствует о специфике национальных экономических условий и влиянии факторов, выходящих за рамки традиционных моделей. Это подчёркивает необходимость более глубоких исследований, которые учитывали бы структурные особенности экономики и внешние воздействия на макроэкономические показатели.

Список литературы

7. Phillips, A. W. «*The Relation between Unemployment and the Rate of Change of Money Wage Rates in the United Kingdom»*

8. Центральный банк Республики Узбекистан. *Ежегодный отчёт за 2020–2024 гг.* https://cbu.uz

9. Государственный комитет Республики Узбекистан по статистике. *Официальные статистические данные по инфляции и безработице за 2020–2024 гг.* https://stat.uz

ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В ГОРОДСКОЙ ЭКОСИСТЕМЕ

Kurbaniyazov Zafar Saparbayevich Samarqand iqtisodiyot va servis instituti assistent

Abduvaytov Abbos Shavkat o‘g‘li Samarqand iqtisodiyot va servis instituti

Аннотация. В работе рассматривается динамическая модель переноса и трансформации примесей в приземном слое атмосферы городской территории. Модель основана на трёхмерном уравнении адвекции–диффузии–реакции с учётом неоднородной застройки, суточной изменчивости метеорологических условий и нестационарных источников выбросов. Описаны постановка задачи, способ параметризации турбулентной диффузии, численная схема и процедура верификации по данным постов мониторинга. Показано, что динамический подход позволяет выявлять зоны кратковременных пиковых концентраций, недоступные стационарным методам расчёта, и использоваться для оценки эффективности управляющих мер.

Ключевые слова: загрязнение атмосферного воздуха, динамическое моделирование, уравнение адвекции–диффузии, городская экосистема, мелкодисперсные частицы, диоксид азота, численные методы.

Введение: Качество атмосферного воздуха является одним из ключевых факторов устойчивого развития городских территорий. Концентрация населения, интенсивное автомобильное движение, работа теплоэнергетики и промышленных предприятий приводят к формированию сложных пространственно-временных полей загрязнения. Особую опасность представляют мелкодисперсные частицы (PM2,5 и PM10), диоксид азота (NO_2), оксид углерода и диоксид серы, превышение допустимых концентраций которых связано с ростом респираторных и сердечно-сосудистых заболеваний.

Традиционные методики нормирования выбросов, в частности ОНД-86, ориентированы на расчёт максимальных разовых концентраций при неблагоприятных метеорологических условиях и по своей сути являются стационарными. Однако реальное загрязнение в городе нестационарно: оно определяется суточным ходом интенсивности движения транспорта, сменой режимов устойчивости атмосферы, изменением направления и скорости ветра, а также влиянием городской застройки на структуру воздушных потоков. Поэтому для задач оперативного прогнозирования, оценки экспозиции населения и планирования природоохранных мероприятий необходимы динамические модели.

Цель работы – разработать и описать динамическую модель распространения загрязняющих веществ в городской среде, пригодную для прогнозирования концентраций с почасовым разрешением и сценарного анализа управленческих решений.

Для достижения цели решаются следующие задачи: сформулировать математическую модель переноса примеси; обосновать параметризацию коэффициентов турбулентного обмена в условиях городской застройки; построить устойчивую численную схему; определить процедуру калибровки и верификации модели.

Обзор подходов к моделированию

Существующие модели рассеяния примесей можно разделить на несколько классов.

Гауссовы модели описывают факел выброса аналитическим решением при допущении о стационарности и однородности поля ветра. Они просты и вычислительно эффективны, но плохо применимы в условиях плотной застройки, при слабом ветре и в нестационарных ситуациях.

Эйлеровы модели решают уравнения переноса в фиксированной расчётной сетке и позволяют естественным образом учитывать нестационарность, химические превращения и пространственную неоднородность источников. Это наиболее распространённый класс моделей для городских и региональных масштабов.

Лагранжевы модели прослеживают траектории множества частиц в турбулентном потоке. Они удобны для описания локальных источников, но требуют значительных вычислительных ресурсов при большом числе источников.

Модели вычислительной гидродинамики (CFD) разрешают обтекание отдельных зданий и уличных каньонов, обеспечивая высокую точность в масштабе квартала, однако их применение для целого города ограничено стоимостью расчётов.

В настоящей работе выбран эйлеров подход как оптимальный компромисс между физической полнотой, точностью и вычислительными затратами; влияние застройки учитывается через параметризацию шероховатости и турбулентного обмена.

Математическая модель

3.1 Основное уравнение

Динамика концентрации примеси $C(x, y, z, t)$ в приземном слое атмосферы описывается уравнением адвекции–диффузии–реакции:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial (uC)}{\partial x} + \frac{\partial (vC)}{\partial y} + \frac{\partial [(w - w_s)C]}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x}\left(K_x \frac{\partial C}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(K_y \frac{\partial C}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(K_z \frac{\partial C}{\partial z}\right) - (\Lambda + \sigma)C + R(C) + Q(x, y, z, t)$$

где u, v, w – компоненты скорости ветра, м/с; w_s – скорость гравитационного осаждения частиц, м/с; K_x, K_y, K_z – коэффициенты турбулентной диффузии, м²/с; Λ – коэффициент вымывания осадками, 1/с; σ – коэффициент сухого осаждения и поглощения растительностью, 1/с; $R(C)$ – член, описывающий химические превращения; Q – плотность источников выбросов, мкг/(м³·с).

Для химически нейтральных примесей и частиц принимается $R(C) = 0$. Для NO_2 в первом приближении учитывается фотохимический цикл NO–NO_2 –O_3 , что позволяет отразить суточную динамику соотношения

компонентов.

3.2. Начальные и граничные условия

В начальный момент задаётся фоновое поле концентрации: $C(x, y, z, 0) = C_0(x, y, z)$. На боковых границах расчётной области ставятся условия втекания с фоновой концентрацией C_b и свободного вытекания ($\partial C / \partial n = 0$). На верхней границе, расположенной выше слоя перемешивания, принимается условие нулевого потока. На подстилающей поверхности задаётся условие сухого осаждения:

$$-K_z \frac{\partial C}{\partial z} = v_d\, C, \qquad z = z_0$$

где v_d – скорость осаждения на поверхность, зависящая от типа подстилающей поверхности (асфальт, газон, водоём, кроны деревьев).

3.3. Источники выбросов

Источники разделяются на три группы: точечные (трубы котельных и предприятий), линейные (автомагистрали) и площадные (жилая застройка с печным отоплением, парковки, строительные площадки). Мощность линейного источника определяется по интенсивности движения, составу транспортного потока и удельным выбросам:

$$Q_l(t) = \frac{1}{v} \sum_i N_i\,(t)\, e_i$$

где $N_i(t)$ – часовая интенсивность движения транспортных средств -й категории, e_i – удельный пробеговый выброс, v – средняя скорость потока. Временной профиль источников задаётся коэффициентами суточной, недельной и сезонной неравномерности, что обеспечивает динамический характер входных данных.

Параметризация метеорологических условий и городской среды

Поле ветра. Скорость ветра на высоте z вычисляется по логарифмическому профилю с поправкой на атмосферную устойчивость по теории подобия Монина–Обухова:

$$u(z) = \frac{u_*}{\kappa}\left[\ln\frac{z-d}{z_0} - \psi_m\left(\frac{z}{L}\right)\right]$$

где u_* – скорость трения, $\kappa \approx 0{,}4$ – постоянная Кармана, d – высота вытеснения, z_0 – длина шероховатости, L – длина Монина–Обухова, ψ_m – универсальная функция устойчивости. Параметры d и z_0 определяются по морфометрическим характеристикам застройки: средней высоте зданий, плотности застройки и доле озеленённых территорий.

Турбулентная диффузия. Вертикальный коэффициент K_z зависит от класса устойчивости атмосферы и высоты над поверхностью; в слое

перемешивания применяется профильная параметризация, учитывающая высоту пограничного слоя h. Горизонтальные коэффициенты принимаются пропорциональными K_z с поправкой на механическую турбулентность, создаваемую застройкой. В уличных каньонах дополнительно вводится эмпирическая добавка, отражающая образование вихря внутри каньона и ухудшение вентиляции при отношении высоты зданий к ширине улицы, близком к единице и выше.

Метеорологические данные. В качестве входных данных используются почасовые наблюдения метеостанций (скорость и направление ветра, температура, облачность, осадки) либо результаты мезомасштабных метеорологических моделей. Высота слоя перемешивания оценивается по данным радиозондирования и суточному ходу температуры.

Численная реализация

Расчётная область покрывает территорию города и представляет собой параллелепипед с горизонтальным шагом сетки 100–250 м и неравномерным шагом по вертикали (от 2–5 м вблизи земли до 50–100 м в верхних слоях). Такое разрешение позволяет отразить влияние крупных магистралей и промышленных зон при приемлемых затратах времени.

Для интегрирования по времени применяется метод расщепления по физическим процессам (схема Марчука–Стрэнга): на каждом шаге последовательно решаются подзадачи горизонтального переноса, вертикальной диффузии, осаждения и химических превращений. Каждая подзадача решается наиболее подходящим для неё способом:

• адвективный перенос – монотонная схема против потока второго порядка с ограничителем потока, исключающим появление отрицательных концентраций и численных осцилляций;

• диффузия – неявная схема Кранка–Николсон, абсолютно устойчивая и имеющая второй порядок аппроксимации; полученные трёхдиагональные системы решаются методом прогонки;

• химические превращения – жёсткая система обыкновенных дифференциальных уравнений, интегрируемая неявным методом.

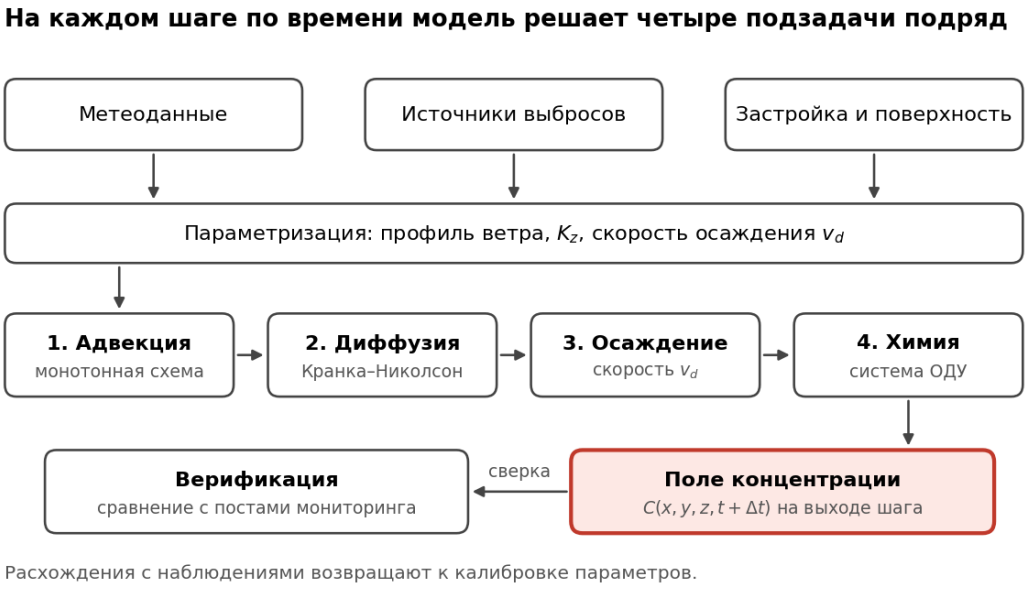


Рисунок 1. Схема расчётного шага модели.

Схема показывает порядок расщепления на одном шаге: результат шага сверяется с наблюдениями на постах, а расхождения возвращают к калибровке параметров.

Шаг по времени выбирается из условия Куранта–Фридрихса–Леви и составляет, как правило, от 10 до 60 с; результаты осредняются и сохраняются с часовым шагом. Программная реализация допускает распараллеливание по подобластям.

Калибровка, верификация и сценарный анализ

Калибровка и верификация. Достоверность модели оценивается путём сопоставления расчётных значений с данными автоматических постов мониторинга качества воздуха. Выборка делится на калибровочную и независимую проверочную части. В качестве критериев используются стандартные статистические показатели:

Показатель	**Определение**	**Критерий приемлемости**
MB, мкг/м³	среднее значение (C_расч − C_изм)	близко к 0
NMB, %	Σ(C_расч − C_изм) / ΣC_изм × 100	не более ±30 %
RMSE, мкг/м³	корень из среднего квадрата разности	минимум
r	коэффициент корреляции Пирсона	не менее 0,6
FAC2	доля пар, где 0,5 ≤ C_расч / C_изм ≤ 2	не менее 0,5

Модель считается пригодной для практического использования, если r

≥ 0,6, значение FAC2 не ниже 0,5, а нормированное смещение не превышает ±30 %. Для оценки чувствительности проводится варьирование наиболее неопределённых параметров (мощность источников, высота слоя перемешивания, шероховатость), что позволяет ранжировать факторы по степени влияния на результат.

Постановка модельного эксперимента. Расчёт выполнен для синтетической городской территории 12 × 10 км, не привязанной к конкретному городу, и не использует данные реальных измерений. Шаг сетки 200 м, шаг по времени 20 с; моделируются двое суток, анализируются вторые, а первые отводятся на выход на режим. Примесь – NO_2 как пассивный трассёр ($R(C) = 0$) со скоростью осаждения $v_d = 0{,}003$ м/с. Решается задача для превышения над фоном 12 мкг/м³, который задаётся на входных границах области. Источники: магистраль вдоль оси x ($y = 4$ км, пиковая мощность 1,33 г/(км·с)), перпендикулярная улица ($x = 5$ км, 0,56 г/(км·с)) и промышленная площадка 600 × 600 м с постоянным выбросом 0,5 г/с. Интенсивность движения имеет утренний пик около 8 ч и вечерний около 17:30. Скорость ветра меняется от 0,8 до 3,2 м/с, направление – от 250° до 290°, высота слоя перемешивания – от 50 до 550 м. Все параметры подобраны для иллюстрации и при практическом применении должны быть заменены данными конкретного города.

Численная верификация. Поскольку данных постов мониторинга для синтетической территории нет, схема проверена на аналитическом решении: перенос и диффузия гауссова пятна (σ_0 = 800 м, ветер (2; 1) м/с, K = 40 м²/с, 40 минут). Ошибка уменьшается в 3–4 раза при каждом уменьшении шага вдвое, что соответствует порядку сходимости 1,6–1,9, а масса сохраняется с точностью до 0,04 %.

Шаг сетки, м	**Относительная ошибка L2, %**	**Ошибка максимума, %**	**Сохранение массы, %**
400	22,5	34,0	99,96
200	7,4	13,4	99,98
100	2,0	4,5	99,98

Для базового сценария сгущение сетки с 200 до 100 м меняет суточные средние и часовые максимумы в контрольных точках не более чем на 4 %, тогда как на сетке 400 м пики искажаются до 11 %. Рабочим выбран шаг 200 м.

Результаты базового сценария. Суточный ход концентраций в четырёх контрольных точках показан на рисунке 2.

1. На перекрёстке магистралей (R1) часовые концентрации за сутки меняются от 13,8 до 34,7 мкг/м³ при среднем 20,5 мкг/м³. Максимум приходится на 07:00–08:00, когда рост движения совпадает с низким слоем перемешивания (175–235 м) и слабым ветром (1,4–1,7 м/с).

2. В жилом районе с подветренной стороны (R2) максимум 25,5 мкг/м³ наступает в 08:00–09:00, среднее за сутки 16,3 мкг/м³, превышение 25 мкг/м³

длится один час.

3. Вблизи промзоны (R4) максимум 29,1 мкг/м³ приходится на 03:00–04:00, когда ветер ослабевает до 0,8 м/с, а слой перемешивания сжимается до 50 м, и не связан с движением транспорта.

4. В парке на наветренной стороне (R3) вклад городских источников не превышает 0,02 мкг/м³, и точка остаётся на уровне фона.

5. По всей территории максимум часовой концентрации 37,8 мкг/м³ приходится на 08:00–09:00 и расположен на магистрали у восточной границы области. Наибольшее суточное среднее по ячейкам 22,1 мкг/м³, то есть ниже 25 мкг/м³ везде, а суммарная площадь с часовыми значениями выше 25 мкг/м³ составляет 48 км²·ч за сутки.

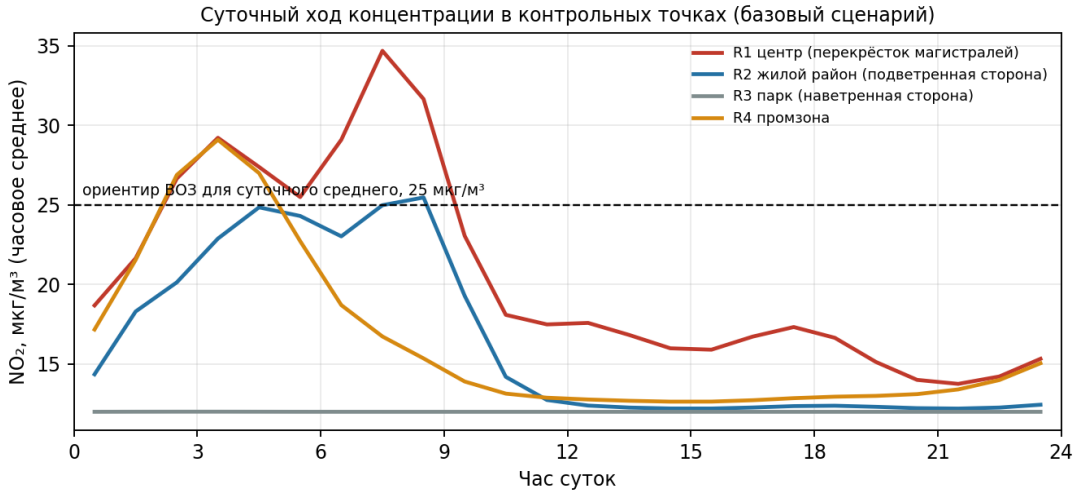


Рисунок 2. Суточный ход концентрации NO_2 в контрольных точках, базовый сценарий.

Для сравнения со стационарным подходом выполнен расчёт при неблагоприятных условиях: ветер 1 м/с, слой перемешивания 100 м, максимальная интенсивность движения круглые сутки. Он завышает часовой максимум динамического расчёта в 1,5–2,0 раза, а суточное среднее в 2,7–3,2 раза, и при этом не показывает, в какие часы и как долго значения превышают порог.

Точка	**Среднее за сутки, мкг/м³**	**Максимум часовой, мкг/м³ (час)**	**Часов выше 25 мкг/м³**	**Стационарный расчёт, мкг/м³**
R1 центр	20,5	34,7 (07–08)	7	54,5
R2 жилой	16,3	25,5 (08–09)	1	51,5
R3 парк	12,0	12,0	0	12,1
R4 промзона	16,4	29,1 (03–04)	3	44,7

Сценарный анализ. Ограничение движения на магистрали на 30 % (сценарий S1) снижает часовой максимум в R1 с 34,7 до 28,3 мкг/м³ (на 18 %), в R2 – с 25,5 до 21,9 мкг/м³ (на 14 %); число часов выше 25 мкг/м³ в R1

падает с 7 до 2, в R2 с 1 до 0. Максимум по территории уменьшается с 37,8 до 31,3 мкг/м³ (на 17 %), а площадь с превышением 25 мкг/м³ – с 48 до 12 км²·ч, то есть на 75 %: показатели, привязанные к порогу, реагируют на снижение выбросов сильнее, чем сами концентрации. Дополнительное сокращение выброса промзоны вдвое (сценарий S2) снижает максимум в R4 с 29,1 до 21,8 мкг/м³ (на 25 %) и убирает все три часа превышения, а в R1 и R2 ничего не меняет, потому что эти точки лежат вне её следа.

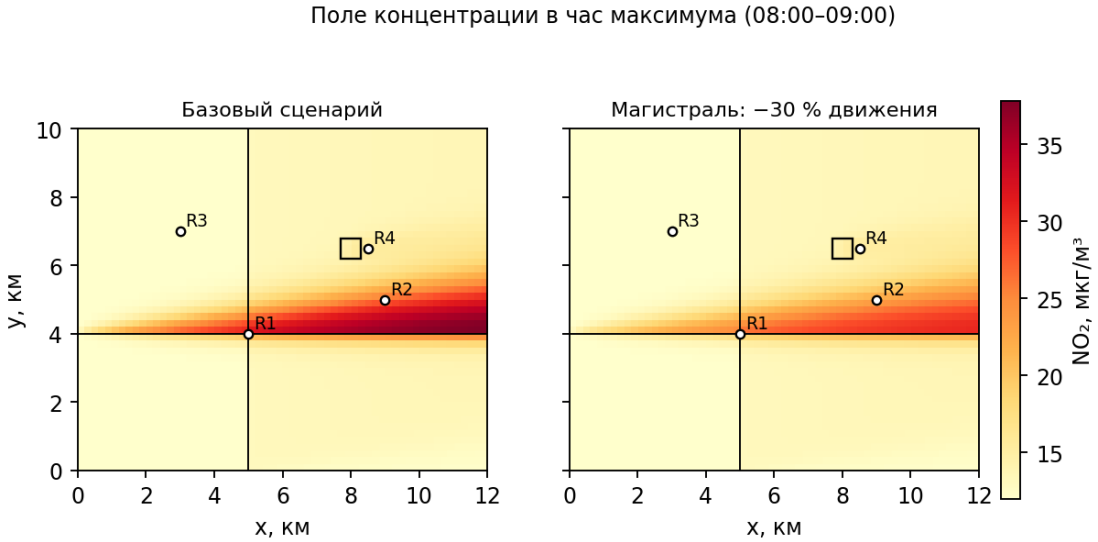


Рисунок3. Поле концентрации NO_2 в час общегородского максимума(08:00–09:00)при базовом сценарии и при снижении движения на магистрали на 30 % Результаты иллюстрируют работу модели на синтетических данных и не вляются оценкой качества воздуха конкретного города.

Обсуждение: Преимущество предложенного подхода состоит в явном учёте временной изменчивости источников и метеорологических условий, что делает возможным краткосрочный прогноз и раннее предупреждение о неблагоприятных ситуациях. К ограничениям относятся неопределённость инвентаризации выбросов, особенно от автотранспорта и неорганизованных источников, упрощённое описание течений в уличных каньонах и недостаток данных мониторинга для калибровки в ряде районов. Перспективными направлениями развития являются ассимиляция данных наблюдений (в том числе недорогих датчиков) для коррекции прогноза, связывание модели с транспортными моделями для получения динамических данных о выбросах, а также применение методов машинного обучения для построения быстрых суррогатных моделей.

Заключение: Разработана динамическая эйлерова модель распространения загрязняющих веществ в городской экосистеме, учитывающая нестационарность источников, метеорологические условия, влияние застройки и процессы удаления примесей из атмосферы. Применение схемы расщепления с монотонной аппроксимацией переноса обеспечивает устойчивость и физическую корректность решения при

умеренных вычислительных затратах. Модель пригодна для почасового прогнозирования концентраций, выявления зон риска и сравнительной оценки природоохранных мероприятий, что делает её полезным инструментом поддержки управленческих решений в области охраны атмосферного воздуха.

Список литературы

6. Берлянд М. Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы. – Л.: Гидрометеоиздат, 1985. – 272 с.
7. Марчук Г. И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. – М.: Наука, 1982. – 320 с.
8. Методика расчёта концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий (ОНД-86). – Л.: Гидрометеоиздат, 1987.
9. Самарский А. А. Теория разностных схем. – М.: Наука, 1989. – 616 с.
10. Seinfeld J. H., Pandis S. N. Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change. – 3rd ed. – Hoboken: Wiley, 2016. – 1152 p.
11. Zannetti P. Air Pollution Modeling: Theories, Computational Methods and Available Software. – New York: Van Nostrand Reinhold, 1990. – 444 p.
12. Jacobson M. Z. Fundamentals of Atmospheric Modeling. – 2nd ed. – Cambridge: Cambridge University Press, 2005. – 813 p.
13. Vardoulakis S., Fisher B. E. A., Pericleous K., Gonzalez-Flesca N. Modelling air quality in street canyons: a review // Atmospheric Environment. – 2003. – Vol. 37, No. 2. – P. 155–182.

IQTISODIY MASALALARNI DIFFERENSIAL TENGLAMALAR KO‘RINISHIDA MODELLASHTIRISH

O‘razaliyev Shirinboy Bo‘ron o‘g‘li SamISI Oliy matematika kafedrasi assistenti

Annotatsiya. Tadqiqotda oddiy differensial tenglamalarni iqtisodiy masalalarni modellashtirishda qo‘llanilishi muhokama qilinadi. Har xil turdagi differensial tenglamalar ko‘rinishidagi mukammalashtirish ob’ektlar bilan bog‘liq. Bunday differensial tenglamalar nazariyasi bilan modellarni qurishning asosiy tamoyili iqtisodiy nazariyaning asosi hisoblanadi. Qoida tariqasida, iqtisodiy qonuniyatlar iqtisodiy miqdorlar o‘rtasidagi murakkab chiziqli bo‘lmagan munosabatlar bo‘lib, ularning aniq ko‘rinishini to‘g‘ridan-to‘g‘ri aniqlash qiyin. Tadqiqotda oddiy differensial tenglamalarga asoslangan holda iqtisodiy jarayonlar modellariga misollar keltirilgan. Iqtisodiy masalalarni uchta vazifa orqali tahlil qilishga qaratilgan: reklama samaradorligi, narx o‘zgarishi tezligiga qarab talab va taklif, model bashorat qilinadigan bozordagi narxlar.

Kalit so‘zlar: matematik model, iqtisodiy jarayon, egri chiziq, talab va takliflar, prognoz bozor modeli.

Kirish. Iqtisodiy rivojlangan jamiyatni yaratish, ilmiy-texnik taraqqiyotni faol rivojlantirish uchun oliy matematikaga alohida ahamiyat beriladi. Zamonaviy olimlar iqtisodiy jarayonlarni o‘rganish uchun matematik tahlil, regressiya tahlili, o‘yinlar nazariyasi, chiziqli dasturlash, matritsa va vektor hisob-kitoblari va boshqalar usullaridan foydalanadilar, bu esa o‘z navbatida matematik modellashtirishning tarkibiy qismidir.

Matematikaning katta amaliy ahamiyatga ega bo‘lgan eng muhim sohalaridan biri bu “oddiy differensial tenglamalar” bo‘limidir. Umumiy matematik va nazariy qiziqishdan tashqari, differensial tenglamalar keng amaliy qo‘llaniladi. Masalan, boshqaruv, kompaniya yoki korxonaning iqtisodiy faoliyati, ishlab chiqarish jarayonini tashkil etish va boshqalar bilan bog‘liq muammolarni hal qilish. Differensial tenglamalar shaklida narxlar, ish haqi, kapital, foiz stavkasi va boshqalar kabi iqtisodiy o‘zgaruvchilar o‘rtasidagi munosabatlar qayd etiladi. Iqtisodiy nazariyaning asosini miqdorlar o‘rtasidagi miqdoriy munosabatlar shaklida ifodalangan iqtisodiy qonunlar tashkil etadi, iqtisodiy tizimni yoki jarayonni tavsiflovchi. Bunday qonunlar matematik modellar asosida Real iqtisodiy tizimlarni o‘rganishga imkon beradi. Ushbu modellarni qurish va o‘rganish iqtisodiyotni murakkab dinamik tizim deb hisoblaydigan matematik iqtisodiyotning mazmunini tashkil etadi. Tadqiqotda modellashtirish usuli eng muhim universal usul hisoblanadi. Model – “bu o‘xshash ob’ekt yoki hodisa, ya’ni ma’lum bir modellashtirish maqsadlari uchun muhim bo‘lgan ob’ekt yoki hodisaning xususiyatlarini etarlicha takrorlash va ular farq qilishi mumkin bo‘lgan ahamiyatsiz xususiyatlarni qoldirishdir”. Har qanday murakkab tizimning modeli ham jismoniy timsolga ega bo‘lgan yoki so‘zlar, raqamlar, matematik belgilar, grafik tasvirlar va boshqalar yordamida yozilgan tizimdir. Shunday qilib, model o‘rganilayotgan ob’ekt bilan ob’ektiv o‘xshashlikni nomlaydigan jismoniy yoki ramziy tizim deb aytishimiz mumkin tadqiqot mavzusi bo‘lgan funktsional va ko‘pincha tarkibiy xususiyatlarga nisbatan tizimdir.

Matematik model-bu yaratilgan tizimning asosiy xususiyatlarining o‘zaro bog‘liqligini aks ettiruvchi tenglamalar, tengsizliklar, funktsiyalar, mantiqiy sharoitlar va boshqa munosabatlar to‘plamidir. Biroq, modelning muhim afzalligi shundaki, to‘liq tavsiflash nuqtai nazaridan ulkan haqiqiy ijtimoiy-iqtisodiy tizim qiyin bo‘lsa ham almashtiriladi, ammo tahlil qilish va hisoblash uchun juda qulay bo‘lgan model, shu bilan birga tadqiqotchini qiziqtiradigan barcha muhim narsalarni saqlab qoladi. Ushbu muhim narsa modelda har xil ko‘rinishlar tomonidan qoplanmagan holda yanada aniqroq va yorqinroq namoyon bo‘ladi. Natijada paydo bo‘lgan model tadqiqotchiga turli parametrlar, o‘zgaruvchilar, shartlar va cheklovlar bilan tajriba o‘tkazish va bu qanday natijalarga olib kelishini aniqlash imkonini beradi. Iqtisodiyotning matematik modellarini o‘rganish uchun, iqtisodiy fandan tashqari, matematik usullarni o‘zlashtirish

kerak, ular orasida differensial tenglamalar muhim rol o‘ynaydi. Iqtisodiy qonuniyatlar, qoida tariqasida, iqtisodiy miqdorlar o‘rtasidagi murakkab chiziqli bo‘lmagan munosabatlar bo‘lib, ularning aniq ko‘rinishi to‘g‘ridan-to‘g‘ri o‘rnatiladi.

Xulosa.

Differensial tenglamalarga asoslangan iqtisodiy jarayonlar modellariga misollar ishlatilgan tenglamalarning murakkabligi bo‘yicha (oddiydan murakkabgacha) keltirilgan. Ajratilgan va ajratilgan o‘zgaruvchilar bilan differensial tenglamalar nazariyasidan foydalanish zarur bo‘lgan jarayonlarning modellarini ko‘rib chiqilgan. Ushbu turdagi vazifalar, masalan, reklama samaradorligi, aholining o‘zgarishi, talab yoki talabning tovar narxiga bog‘liqligi, talab funksiyasining egiluvchanlikka bog‘liqligi, resurslarining kamayishi yoki aholining o‘sishi, bankdagi pul hissasi o‘sishi va boshqalar qaraldi.

Adabiyotlar ro‘yxati

1. Sh. Sharahmetov, O.Qurbonov, “Iqtisodchilar uchun matematika”. ISBN 978-9943-07-554-2, O‘zbekiston faylasuflari milliy jamiyati nashriyoti, 2017.

2. A.Soliyev, S.Nosirova, Ya. Muxtarov, T.Bo‘riyev. Matematika. Iqtisodchilar uchun amaliy mashg‘ulotlar. O‘quv qo‘llanma – Samarqand: SamDU nashri 2021-200 bet.

3. X.Q.Qarshiboyev. “Ekonometrika”. Toshkent. Iqtisod-Moliya. 2021.Darslik.

YASHIL IQTISODIYOT SHAROITIDA SAMARQAND VILOYATIDA YASHASH VA OVQATLANISH BO‘YICHA XIZMATLARNI RIVOJLANTIRISHNI MATEMATIK MODELLASHTIRISH

Ganiyev Firdavs Abduraufovich SamISI mustaqil izlanuvchi

Annotatsiya: Maqolada Samarqand viloyatida yashash va ovqatlanish bo‘yicha xizmatlar hajmining 15 yillik ko‘rsatkichlari tahlil qilinib, ushbu sohani 2030-yilgacha bo‘lgan davrda istiqboldagi rivojlanish ko‘rsatkichlari matematik modellashtirish asosida prognoz parametrlari ishlab chiqilgan.

Kalit so‘zlar: Yashil iqtisodiyot, yalpi hududiy mahsulot, xizmat ko‘rsatish sohasi, yashash va ovqatlanish bo‘yicha xizmatlar, aholi farovonligi, infratuzilma, prognoz, matematik modellashtirish.

Аннотация: В статье анализируются данные за 15 лет об объемах услуг по размещению и организации питания в Самаркандской области, а также с помощью методов математического моделирования разрабатываются прогнозные показатели развития данного сектора на период до 2030 года.

Ключевые слова: Зеленая экономика, валовой региональный продукт, сфера услуг, услуги по размещению и организации питания, благосостояние населения, инфраструктура, прогноз, математическое моделирование.

Global ekologik muammolar, resurslarning cheklanganligi va

iste’molchilarning ekologik talablari kuchayib borayotgan bir davrda mehmonxona va restoran biznesida an’anaviy modellar o‘z samaradorligini yo‘qotmoqda. Yashil iqtisodiyot tamoyillari – energiya va suvni tejash, chiqindilarni kamaytirish, mahalliy va organik mahsulotlardan foydalanish, ekologik toza materiallar va raqamli xizmatlarni joriy etish – yashash va ovqatlanish xizmatlari sohasida nafaqat ekologik mas’uliyatni oshiradi, balki xarajatlarni qisqartirish, brend obro‘sini mustahkamlash va raqobatbardoshlikni ta’minlaydi. Shu bois, ushbu sohani yashil iqtisodiyot tamoyillari asosida rivojlantirish iqtisodiy samaradorlik, ijtimoiy mas’uliyat va ekologik barqarorlikni uyg‘unlashtirishning muhim omili sifatida dolzarb hisoblanadi.

Mamlakat yoki uning alohida hududida yashash va ovqatlanish bo‘yicha xizmatlarni rivojlantirish uchun avvalo ushbu xizmatlarni kelajakda rivojlanish ko‘rsatkichlarini, ya’ni prognozini ishlab chiqishni taqoza etadi. Yashash va ovqatlanish bo‘yicha xizmatlar hajmini prognozlashtirish juda murakkab iqtisodiy jarayon bo‘lib, u hayotdagi barcha ijtimoiy-iqtisodiy o‘zgarishlar bilan chambarchas bog‘liq. Shuni alohida ta’kidlash joizki, yashash va ovqatlanish bo‘yicha xizmatlar iqtisodiyotda nafaqat xizmatlar sohasining balki YAHMning ham shakllanishida muhim tarmoq bo‘lib hisoblanadi.

Shuning uchun ham bugungi kunda yashash va ovqatlanish bo‘yicha xizmatlarning prognoz ko‘rsatkichlarini ishlab chiqish masalasi ham o‘ta muhim masalalar sirasiga kiradi. Yashash va ovqatlanish bo‘yicha xizmatlar hajmini prognozlash uchun Samarqand viloyatida 2011-2025-yillardagi yashash va ovqatlanish bo‘yicha xizmatlar kabi ko‘rsatkichlar asos qilib olindi (1-jadval).

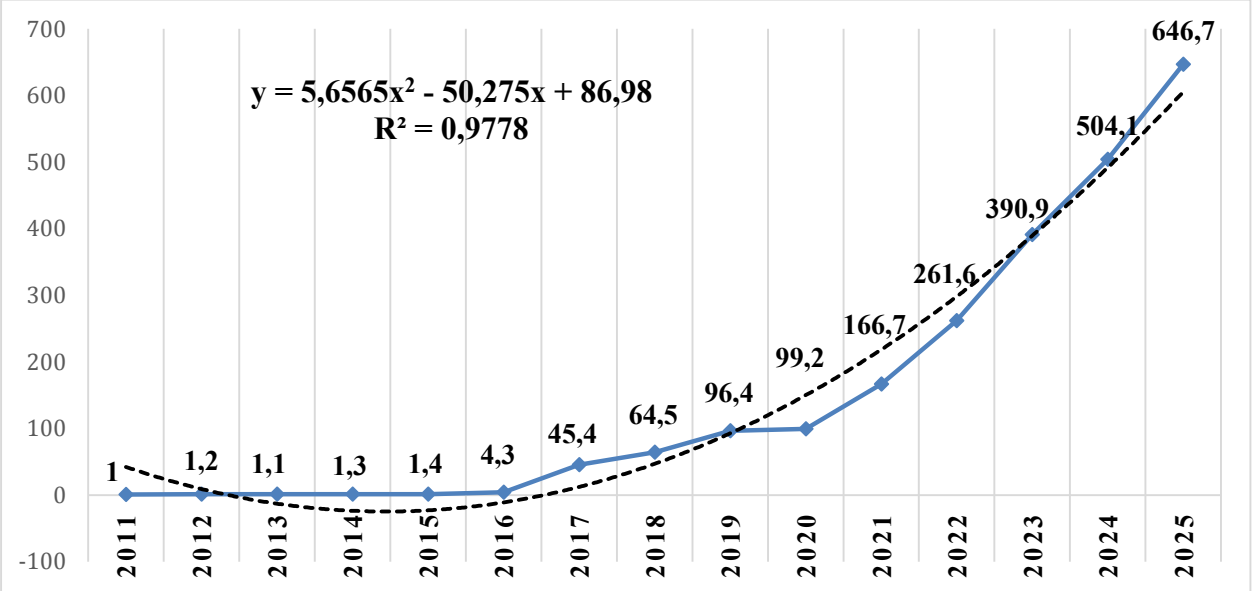
1-jadval. Samarqand viloyatida yashash va ovqatlanish bo‘yicha xizmatlar ko‘rsatkichlarining 2011-2025-yillardagi dinamikasi, mlrd.so‘m[16]

Yillar	Yashash va ovqatlanish xizmatlari hajmi, mlrd. so‘m	Farqi (+;-), 2011-yilga nisbatan	O‘sish sur’ati (martada), 2011-yilga nisbatan
2011	40,2	x	1,0
2012	47,0	6,8	1,2
2013	45,6	5,4	1,1
2014	50,4	10,2	1,3
2015	54,4	14,2	1,4
2016	173,0	132,8	4,3
2017	1825,8	1785,6	45,4
2018	2593,7	2553,5	64,5
2019	3873,3	3833,1	96,4
2020	3986,9	3946,7	99,2
2021	6700,1	6659,9	166,7
2022	10514,6	10474,4	261,6
2023	15716,0	15675,8	390,9

[16] O‘zbekiston Respublikasi Milliy statistika qo‘mitasi Samarqand viloyat statistika boshqarmasi rasmiy https://samstat.uz/uz sayti ma’lumotlari asosida muallif tomonidan hisob-kitob qilindi.

2024	20264,2	20224,0	504,1
2025	25997,9	25957,7	646,7

Keltirilgan 1-jadval ma’lumotlaridan ko‘rinib turibdiki, Samarqand viloyatida yashash va ovqatlanish bo‘yicha xizmatlar hajmi taqqoslanayotgan 2011-yilga nisbatan taqqoslanayotgan keyingi yillarga nisbatan barqaror o‘sib borgan. Jumladan, viloyatda yashash va ovqatlanish bo‘yicha xizmatlar hajmi basis, ya’ni 2011-yilga nisbatan 2015-yilda - 4,3 martaga, 2020-yilda - 99,2 martaga va 2024-yilga kelib esa – 504,1 barobarga oshgan. Samarqand viloyatida yashash va ovqatlanish bo‘yicha xizmatlar ko‘rsatkichining tahlil olib borilgan 2011-2025-yillardagi o‘sish sur’atlari 1-rasmda keltirilgan.



1-rasm. Samarqand viloyatida yashash va ovqatlanish bo‘yicha xizmatlar hajmining 2011-yilga nisbatan o‘sish sur’ati, foizda

Yashash va ovqatlanish bo‘yicha xizmatlar xajmining o‘sish sur’ati bo‘yicha matematik modelning apraksimatsiyasi, uning **polinamiyal** chizig‘iga to‘g‘ri keldi. Buning formulasi quyidagi shaklda ifodalanadi:

$$y = 5{,}6565x^2 - 50{,}275x + 86{,}98$$
$$R^2 = 0{,}9778$$

Samarqand viloyatida yashash va ovqatlanish bo‘yicha xizmatlar hajmining 2011-2025-yillardagi o‘sish sur’ati asosida ushbu ko‘rsatkichning 2026-2030-yillarga mo‘ljallangan prognozini aniqlash mumkin. Buning uchun quyidagi hisob-kitoblar amalga oshiriladi:

$$y_{2026} = 5{,}6565 * 16^2 - 50{,}275 * 16 + 86{,}98 = 730{,}6$$
$$y_{2027} = 5{,}6565 * 17^2 - 50{,}275 * 17 + 86{,}98 = 867{,}0$$
$$y_{2028} = 5{,}6565 * 18^2 - 50{,}275 * 18 + 86{,}98 = 1014{,}7$$
$$y_{2029} = 5{,}6565 * 19^2 - 50{,}275 * 19 + 86{,}98 = 1173{,}8$$
$$y_{2030} = 5{,}6565 * 20^2 - 50{,}275 * 20 + 86{,}98 = 1344{,}1$$

Samarqand viloyatida yashash va ovqatlanish bo‘yicha xizmatlar hajmining formula bo‘yicha amalga oshirilgan hisob-kitoblar natijasida 2026-2030-yillardagi prognoz ko‘rsatkichlari ishlab chiqildi (2-jadval).

Keltirilgan 2-jadvaldan ko‘rinib turibdiki, Samarqand viloyatida yashash va

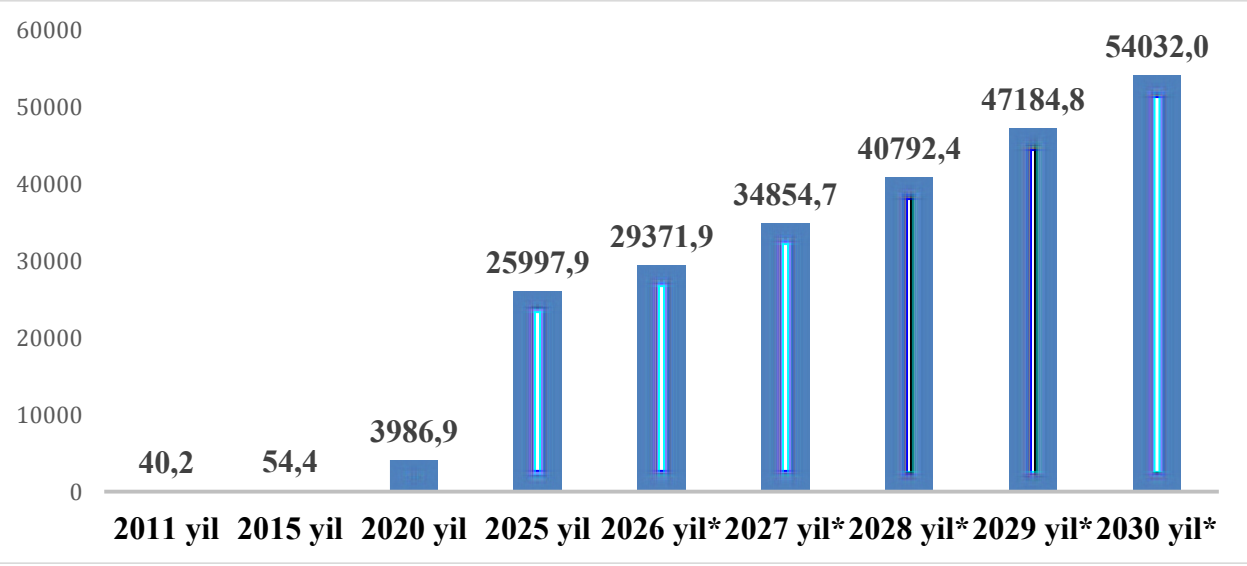
ovqatlanish bo‘yicha xizmatlar xajmi 2030-yilgacha bo‘lgan prognoz davrida barqaror o‘sish tendensiyasiga ega bo‘ladi. Jumladan, viloyatda yashash va ovqatlanish bo‘yicha xizmatlar xajmi 2026-yilda – 29371,9 mlrd.so‘mni, 2027-yilda – 34854,7 mlrd.so‘mni, 2028-yilda – 40792,4 mlrd.so‘mni, 2029-yilga borib - 47184,8 mlrd.so‘mni va 2030-yilda esa – 54032,0 mlrd.so‘mni tashkil etishi prognoz natijasida aniqlandi.

2-jadval

Samarqand viloyatida yashash va ovqatlanish bo‘yicha xizmatlar hajmining 2011-2025-yillardagi dinamikasi va 2026-2030-yillarga mo‘ljallangan prognoz parametlari

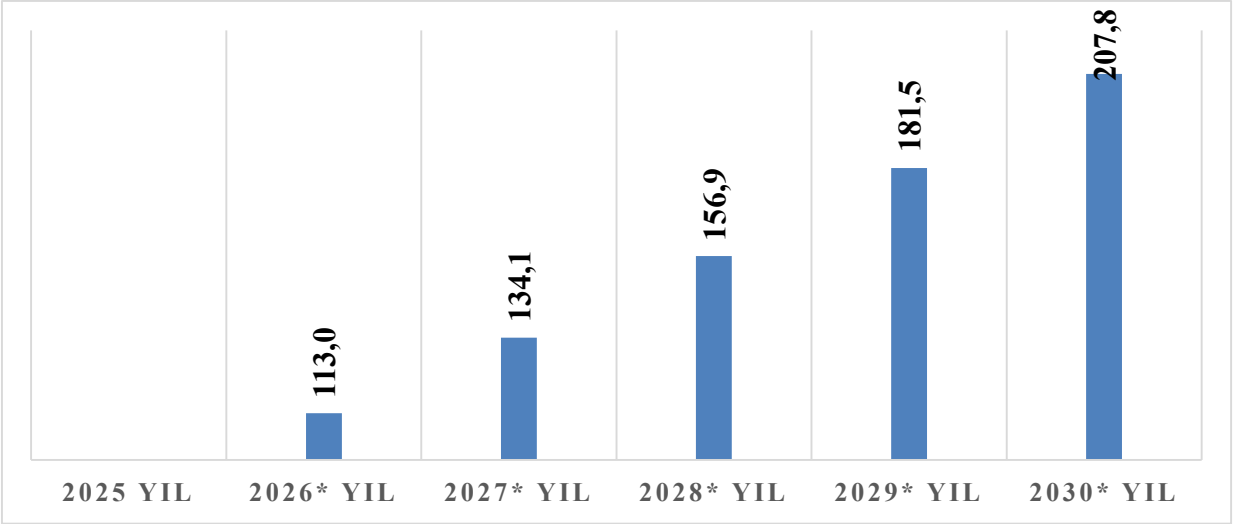
Yil-lar	Samarqand viloyatida yashash va ovqatlanish bo‘yicha xizmatlar hajmining 2011-2025-yillardagi polinamial tenglamasi va uning 2026-2030-yillarga mo‘ljallangan prognoz parametrlarining hisob-kitobi	Prognoz ko‘rsat-kichlari, 2011-yilga nisbatan, mlrd.so‘m	Prognoz ko‘rsat-kichlari, 2025-yilga nisbatan, %
2025	**$y = 5{,}6565x^2 - 50{,}275x + 86{,}98$**	25997,9	100,0
2026	**$y_{2026} = 5{,}6565 * 16^2 - 50{,}275 * 16 + 86{,}98 = 730{,}6$**	29371,9	113,0
2027	**$y_{2027} = 5{,}6565 * 17^2 - 50{,}275 * 17 + 86{,}98 = 867{,}0$**	34854,7	134,1
2028	**$y_{2028} = 5{,}6565 * 18^2 - 50{,}275 * 18 + 86{,}98 = 1014{,}7$**	40792,4	156,9
2029	**$y_{2029} = 5{,}6565 * 19^2 - 50{,}275 * 19 + 86{,}98 = 1173{,}8$**	47184,8	181,5
2030	**$y_{2030} = 5{,}6565 * 20^2 - 50{,}275 * 20 + 86{,}98 = 1344{,}1$**	54032,0	207,8

Yashash va ovqatlanish bo‘yicha xizmatlar hajmining prognoz ko‘rsatkichlarini 2025-yildagi yashash va ovqatlanish bo‘yicha xizmatlarning real hajmi bilan solishtirilganda – 2026-yilda yashash va ovqatlanish bo‘yicha xizmatlar hajmi – 13,0 foizga, 2027-yilda – 134,1 foizga, 2028-yilda – 134,1 foizga, 2029- yilda – 81,5 foizga va 2030-yilda esa – 107,8 foizga o‘sishi prognoz qilindi. Samarqand viloyatida yashash va ovqatlanish bo‘yicha xizmatlar hajmining 2030- yilgacha bo‘lgan davr uchun ishlab chiqilgan prognoz ko‘rsatkichlari 2-rasmda keltirildi.



2-rasm. Samarqand viloyatida 2030-yilgacha bo‘lgan davrda yashash va ovqatlanish bo‘yicha xizmatlar xajmining o‘sish sur’ati, mlrd.so‘m.

Samarqand viloyatida yashash va ovqatlanish bo‘yicha xizmatlar xajmlarining 2025-yilga nisbatan 2030-yilgacha bo‘lgan davr uchun mo‘ljallangan o‘sishi bo‘yicha prognoz parametrlari grafigi 3-rasmda keltirildi.



3-rasm. Samarqand viloyatida yashash va ovqatlanish bo‘yicha xizmatlar hajmlarining 2025-yilga nisbatan 2026-2030-yillargacha o‘sishi bo‘yicha prognoz parametrlari, foizda.

Xulosa o‘rnida shuni ta’kidlash kerakki, yashash va ovqatlanish bo‘yicha xizmatlar hajmlarining 2025-yilga nisbatan 2030-yilgacha bo‘lgan davr uchun mo‘ljallangan o‘sishi bo‘yicha prognoz ko‘rsatkichlarining barchasi 2025-yilga nisbatan o‘sishi aniqlandi. Jumladan, 2025-yilga nisbatan 2026-yilda – 13,0 foizga, 2028-yilda – 56,9 foizga va 2030-yilda esa – 107,8 foizga o‘sishi prognoz qilindi. Ushbu xizmatlarining o‘sish dinamikasi aholi farovonligining oshishi bilan uzviy bog‘liq bo‘lib, u hududiy iqtisodiy tizimning asosiy makroiqtisodiy indikatorlari – YAHM hamda xizmatlar sohasi hajmining o‘sishiga sezilarli darajada ta’sir ko‘rsatadi. Shu bilan birga, yashash va ovqatlanish xizmatlari bozorining institutsional va infratuzilmaviy jihatdan takomillashuvi hududiy iqtisodiy barqarorlik, strukturaviy transformatsiya jarayonlari hamda xizmatlar sohasining qo‘shilgan qiymat yaratish salohiyatini oshirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yhati:

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi “2022-2026-yillarga mo‘ljallangan yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida”gi PF-60-sonli Farmoni.
2. https://data.worldbank.org
3. https://samstat.uz

BOZOR HAJMINI ANIQLASHDA EKONOMETRIK MODELLARDAN FOYDALANISH

Inoyatov Qayum Yusufovich Samarqand iqtisodiyot va servis instituti
Oliy matematika kafedrasi o‘qituvchisi

Annotatsiya: Mazkur maqolada bozor hajmini aniqlashda ekonometrik modellardan foydalanish imkoniyatlari ilmiy jihatdan tahlil qilindi. Tadqiqot jarayonida bozor hajmiga ta’sir etuvchi asosiy makroiqtisodiy omillar – yalpi ichki mahsulot, aholi soni, daromadlar, inflyatsiya va raqamlashtirish darajasi o‘rganildi. Ko‘p omilli regressiya modeli asosida ushbu omillarning bozor hajmiga ta’siri baholandi hamda kelgusi yillar uchun prognoz natijalari ishlab chiqildi. Tadqiqot natijalari iqtisodiy o‘sish va raqamli transformatsiya bozor hajmini kengaytirishda muhim rol o‘ynashini ko‘rsatdi. Shuningdek, ekonometrik modellarning prognozlash imkoniyatlari yuqori samaradorlikka ega ekanligi asoslab berildi.

Kalit so‘zlar: bozor hajmi, ekonometrik model, regressiya tahlili, YaIM, inflyatsiya, raqamlashtirish, prognozlash.

Kirish: Zamonaviy iqtisodiyotda bozor hajmini aniqlash va uni prognozlash iqtisodiy siyosatni shakllantirish, investitsiya qarorlarini qabul qilish hamda biznes strategiyalarni ishlab chiqishda muhim ahamiyat kasb etadi [1]. Bozor hajmi iqtisodiy faoliyat darajasi, iste’mol talabi va ishlab chiqarish imkoniyatlarini ifodalovchi muhim ko‘rsatkichlardan biri hisoblanadi. Shu sababli, uni ilmiy asosda aniqlash va tahlil qilish iqtisodiy tadqiqotlarning dolzarb yo‘nalishlaridan biridir. An’anaviy yondashuvlarda bozor hajmi ko‘pincha oddiy statistik usullar yordamida baholanadi. Biroq bunday usullar murakkab iqtisodiy jarayonlarni to‘liq aks ettira olmaydi [2], [3]. Shu bois, zamonaviy ilmiy tadqiqotlarda ekonometrik modellardan keng foydalanilmoqda. Ekonometrik yondashuv turli omillar o‘rtasidagi bog‘liqlikni aniqlash, ularning ta’sir darajasini baholash hamda kelajak prognozlarini ishlab chiqish imkonini beradi.O‘zbekiston iqtisodiyotida ham bozor hajmini aniqlash va uning o‘sish omillarini o‘rganish muhim masalalardan biri hisoblanadi [4], [5]. Ayniqsa, raqamli iqtisodiyotning rivojlanishi, aholi daromadlarining o‘sishi va demografik omillar bozor hajmiga sezilarli ta’sir ko‘rsatmoqda. Mazkur maqolaning maqsadi bozor hajmini aniqlashda ekonometrik modellardan foydalanish imkoniyatlarini tahlil qilish, asosiy ta’sir etuvchi omillarni aniqlash hamda prognoz natijalari asosida ilmiy xulosalar ishlab chiqishdan iborat [6], [7], [8].

Metodologiya: Mazkur tadqiqotda ekonometrik tahlil usullaridan foydalanildi. Tadqiqotning empirik bazasi sifatida 2015–2024 yillar oralig‘idagi makroiqtisodiy ko‘rsatkichlar (YaIM, aholi soni, daromadlar, inflyatsiya darajasi va raqamlashtirish indeksi) olindi.

Tadqiqot jarayonida quyidagi metodlar qo‘llanildi:

Ko‘p omilli regressiya tahlili – bozor hajmiga ta’sir etuvchi asosiy omillarni

aniqlash uchun

Dinamik tahlil – vaqt o‘tishi bilan o‘zgarish tendensiyalarini baholash uchun

Solishtirma tahlil – turli davrlar va ko‘rsatkichlar o‘rtasidagi farqlarni aniqlash uchun

Prognozlash usuli – kelgusi yillar uchun bozor hajmini baholash uchun

Tadqiqotda bozor hajmi natijaviy o‘zgaruvchi sifatida olinib, unga ta’sir etuvchi omillar mustaqil o‘zgaruvchilar sifatida qaraldi. Ma’lumotlar O‘zbekiston Respublikasi Statistika agentligi hamda xalqaro tashkilotlar (Jahon banki) ma’lumotlari asosida shakllantirildi. Modelning ishonchliligi determinatsiya koeffitsiyenti (R^2), t-statistika va ahamiyatlilik darajalari orqali baholandi. Bu esa natijalarning ilmiy asoslanganligini ta’minladi.

Natijalar. O‘tkazilgan ekonometrik tahlillar shuni ko‘rsatdiki, bozor hajmini aniqlashda makroiqtisodiy ko‘rsatkichlar va raqamli rivojlanish darajasi muhim omillar hisoblanadi. Tadqiqotda 2015–2024 yillar oralig‘idagi statistik ma’lumotlar asosida ko‘p omilli regressiya modeli qurildi [9].

Modelda bozor hajmi (BH) quyidagi omillarga bog‘liq holda baholandi:

- Yalpi ichki mahsulot (YaIM)
- Aholi soni
- Aholi daromadlari
- Inflyatsiya darajasi
- Raqamlashtirish darajasi

Natijalar quyidagi jadvalda keltirilgan:

Jadval 1.**Bozor hajmiga ta’sir etuvchi omillar (regressiya natijalari)**

O‘zgaruvchi	Koeffitsiyent (β)	t-statistika	Ahamiyatlilik
YaIM	0.62	5.41	***
Aholi soni	0.38	3.12	**
Daromad	0.55	4.76	***
Inflyatsiya	-0.27	-2.21	*
Raqamlashtirish	0.49	3.98	***

$$R^2 = 0.71$$

Manba: Muallif hisob-kitoblari (O‘zbekiston statistika agentligi va Jahon banki ma’lumotlari asosida).

Natijalardan ko‘rinib turibdiki, YaIM bozor hajmiga eng katta ijobiy ta’sir ko‘rsatadi ($\beta = 0.62$). Bu iqtisodiy o‘sish bozor kengayishining asosiy drayveri ekanligini tasdiqlaydi.

Aholi daromadlari ham sezilarli ta’sirga ega ($\beta = 0.55$), bu esa iste’mol talabining oshishi orqali bozor hajmini kengaytirishini ko‘rsatadi.

Aholi soni ijobiy, ammo nisbatan pastroq ta’sirga ega (β = 0.38). Bu demografik omillar bozor hajmiga ta’sir qilsa-da, asosiy rolni iqtisodiy omillar

o‘ynashini bildiradi [10].

Inflyatsiya esa salbiy ta’sir ko‘rsatmoqda (β = -0.27), ya’ni narxlar oshishi iste’molni qisqartirib, bozor hajmini toraytiradi.

Raqamlashtirish darajasi (β = 0.49) bozor hajmini oshiruvchi muhim zamonaviy omil sifatida namoyon bo‘ldi. Bu e-commerce va raqamli xizmatlarning kengayishi bilan izohlanadi.

Prognoz natijalari: Model asosida bozor hajmining qisqa muddatli prognozi amalga oshirildi:

Jadval 2. Bozor hajmi o‘sish prognozi

Yil	Bozor hajmi o‘sishi (%)
2025	6.8%
2026	7.4%
2027	8.1%

Prognoz natijalari bozor hajmining barqaror o‘sish tendensiyasiga ega ekanligini ko‘rsatadi.

Jadval 2 ma’lumotlari 2025–2027 yillar davomida bozor hajmining barqaror va izchil o‘sish tendensiyasini ko‘rsatadi. Prognoz natijalariga ko‘ra, bozor hajmi 2025-yilda 6.8% ga, 2026-yilda 7.4% ga va 2027-yilda 8.1% ga oshishi kutilmoqda.

Birinchidan, o‘sish sur’atlarining yildan-yilga oshib borishi (6.8% → 7.4% → 8.1%) iqtisodiyotda ijobiy dinamik o‘zgarishlar mavjudligini anglatadi. Bu esa iqtisodiy faollikning kengayishi, iste’mol talabining ortishi va bozor infratuzilmasining rivojlanishi bilan izohlanadi [11], [12]. Ikkinchidan, 2025-yildan 2026-yilga o‘tishda o‘sish 0.6 foiz punktga oshmoqda. Bu davrda iqtisodiy barqarorlik mustahkamlanishi, daromadlar oshishi va raqamli iqtisodiyotning kengayishi asosiy omillar sifatida namoyon bo‘ladi. Uchinchidan, 2026-yildan 2027-yilga o‘tishda o‘sish sur’ati yana 0.7 foiz punktga ortadi. Bu esa bozorning yanada chuqurlashuvi va diversifikatsiyalashuvi jarayonlari kuchayishini ko‘rsatadi [13]. Ayniqsa, raqamli xizmatlar, elektron savdo va innovatsion platformalarning kengayishi bozor hajmining tezroq o‘sishiga xizmat qiladi.

To‘rtinchidan, umumiy o‘sish dinamikasi quyidagicha baholanishi mumkin:

- 2025–2027 oralig‘ida umumiy o‘sish:

$$8.1\% - 6.8\% = 1.3\%\ punkt$$

- Nisbiy o‘sish:

$$\frac{8.1}{6.8} \approx 1.19$$

Bu esa bozor hajmi uch yil ichida taxminan **19% ga tezlashgan o‘sish sur’atiga ega bo‘lishini** anglatadi.

Beshinchidan, ushbu prognoz natijalari ekonometrik modelning

ishonchliligini ham tasdiqlaydi. Model asosida aniqlangan omillar (YaIM, daromad, raqamlashtirish) kelgusida ham bozor o‘sishining asosiy drayverlari bo‘lib qoladi.

Shuningdek, prognoz natijalari quyidagi xulosalarni beradi:

- Bozor hajmi barqaror va ijobiy trendga ega
- Iqtisodiy o‘sish bozor kengayishiga to‘g‘ridan-to‘g‘ri ta’sir qiladi
- Raqamli transformatsiya o‘sishni tezlashtiruvchi asosiy omillardan biri
- Inflyatsiya nazorat ostida bo‘lsa, bozor o‘sishi yanada yuqori bo‘lishi mumkin

Muhokama. Olingan natijalar ekonometrik modellarning bozor hajmini aniqlashda yuqori samaradorlikka ega ekanligini ko‘rsatadi. Tadqiqot natijalari klassik iqtisodiy nazariyalar, xususan, talab va taklif modeli hamda makroiqtisodiy o‘sish nazariyalari bilan mos keladi.

Birinchidan, YaIM va daromad ko‘rsatkichlarining yuqori ta’siri Keynesning talabga asoslangan iqtisodiy nazariyasini tasdiqlaydi. Ya’ni iqtisodiy faollik oshgani sari iste’mol va bozor hajmi ham kengayadi.

Ikkinchidan, inflyatsiyaning salbiy ta’siri monetar siyosat va narx barqarorligining muhimligini ko‘rsatadi [14]. Yuqori inflyatsiya sharoitida real daromad kamayadi va bu iste’mol talabini pasaytiradi.

Uchinchidan, raqamlashtirish omilining ijobiy ta’siri zamonaviy iqtisodiyotda raqamli transformatsiyaning hal qiluvchi rol o‘ynayotganini ko‘rsatadi. Ayniqsa, elektron savdo, onlayn xizmatlar va raqamli platformalar bozor chegaralarini kengaytiradi.Shuningdek, modelning $R^2 = 0.71$ bo‘lishi tanlangan omillar bozor hajmini tushuntirishda yetarlicha samarali ekanligini bildiradi. Biroq qolgan 29% boshqa omillar – institutsional muhit, siyosiy barqarorlik, investitsiya darajasi bilan izohlanishi mumkin [15].Umuman olganda, ekonometrik modellardan foydalanish bozor hajmini aniqlashda ilmiy asoslangan va ishonchli yondashuv ekanligi tasdiqlandi. Bu usul nafaqat mavjud holatni baholash, balki kelajak prognozlarini tuzishda ham muhim vosita hisoblanadi.

Xulosa

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, ekonometrik modellardan foydalanish bozor hajmini aniqlash va prognozlashda samarali ilmiy yondashuv hisoblanadi. Model natijalari asosida YaIM, aholi daromadlari va raqamlashtirish darajasi bozor hajmiga eng katta ijobiy ta’sir ko‘rsatuvchi omillar sifatida aniqlangan.

Shuningdek, inflyatsiya darajasining salbiy ta’siri iqtisodiy barqarorlikni ta’minlashning muhimligini yana bir bor tasdiqlaydi. Raqamli iqtisodiyotning rivojlanishi esa zamonaviy sharoitda bozor hajmini kengaytiruvchi asosiy omillardan biri sifatida namoyon bo‘lmoqda. Prognoz natijalari bozor hajmining kelgusida barqaror o‘sishini ko‘rsatdi, bu esa iqtisodiy rivojlanishning ijobiy tendensiyasini anglatadi. Shu bilan birga, ekonometrik model yuqori aniqlik darajasiga ega bo‘lib, amaliy qarorlar qabul qilishda foydalanish uchun mos ekanligi aniqlandi.

Umuman olganda, bozor hajmini aniqlashda ekonometrik modellardan foydalanish nafaqat nazariy jihatdan, balki amaliy jihatdan ham katta ahamiyatga ega. Kelgusida ushbu yo‘nalishda yanada murakkab modellardan foydalanish va real vaqt ma’lumotlari asosida tahlillarni chuqurlashtirish dolzarb ilmiy vazifa bo‘lib qoladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti, “Raqamli iqtisodiyotni rivojlantirish chora-tadbirlari to‘g‘risida,” PF-6079-son Farmon, Toshkent, 2020.
2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti, “2022–2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekiston taraqqiyot strategiyasi,” PF-60-son Farmon, Toshkent, 2022.
3. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti, “Raqamli O‘zbekiston – 2030 strategiyasi to‘g‘risida,” PF-158-son Farmon, Toshkent, 2023.
4. O‘zbekiston Respublikasi Statistika agentligi, *Yillik statistik to‘plam*, Toshkent, 2024.
5. J. M. Wooldridge, *Introductory Econometrics*, 7th ed. Boston, MA: Cengage, 2020.
6. W. H. Greene, *Econometric Analysis*, 8th ed. New York: Pearson, 2018.
7. D. Gujarati and D. Porter, *Basic Econometrics*, 5th ed. New York: McGraw-Hill, 2009.
8. J. Stock and M. Watson, *Introduction to Econometrics*, 4th ed. Pearson, 2020.
9. World Bank, *World Development Indicators*, Washington, DC, 2024.
10. IMF, *World Economic Outlook*, Washington, DC, 2024.
11. OECD, *Economic Outlook*, Paris, 2023.
12. UNCTAD, *Digital Economy Report*, Geneva, 2023.
13. R. Solow, “A contribution to the theory of economic growth,” *Quarterly Journal of Economics*, 1956.
14. P. Romer, “Endogenous technological change,” *Journal of Political Economy*, 1990.
15. McKinsey Global Institute, *Digital Economy Report*, 2022.

XIZMAT KO‘RSATISH KORXONALARI FAOLIYATI KO‘RSATKICHLARINI EKONOMETRIK MODELLASHTIRISH

Inoyatov Qayum Yusufovich Samarqand iqtisodiyot va servis instituti
Oliy matematika kafedrasi o‘qituvchisi
inoyatovqayum@gmail.com

Annotatsiya: Mazkur maqolada xizmat ko‘rsatish korxonalari faoliyati ko‘rsatkichlarini ekonometrik modellashtirish asosida tahlil qilish masalalari yoritilgan. Tadqiqotda xizmatlar hajmiga ta’sir etuvchi asosiy omillar sifatida investitsiyalar, aholi daromadlari, bandlik darajasi, inflyatsiya va raqamlashtirish darajasi o‘rganildi. Ko‘p omilli regressiya modeli yordamida ushbu omillarning

xizmat ko‘rsatish sektoriga ta’siri baholandi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, daromadlar, investitsiyalar va raqamlashtirish xizmatlar hajmini oshiruvchi asosiy omillar hisoblanadi, inflyatsiya esa salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Tadqiqot natijalari xizmat ko‘rsatish sektorini rivojlantirishda ilmiy asoslangan qarorlar qabul qilish uchun muhim ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: xizmat ko‘rsatish sektori, ekonometrik model, regressiya tahlili, investitsiya, daromad, raqamlashtirish, inflyatsiya.

Kirish: Zamonaviy iqtisodiyotda xizmat ko‘rsatish sektori iqtisodiy o‘sishning asosiy drayverlaridan biri sifatida namoyon bo‘lmoqda. Ayniqsa, rivojlanayotgan mamlakatlarda ushbu sektorning yalpi ichki mahsulotdagi ulushi ortib borayotgani uning strategik ahamiyatini yanada oshirmoqda [1]. Xizmatlar sektori nafaqat bandlikni ta’minlash, balki innovatsiyalarni joriy etish, raqamli iqtisodiyotni rivojlantirish va aholi farovonligini oshirishda muhim rol o‘ynaydi.Xizmat ko‘rsatish korxonalari faoliyatini samarali boshqarish uchun ularning iqtisodiy ko‘rsatkichlarini chuqur tahlil qilish zarur. An’anaviy tahlil usullari ko‘pincha omillar o‘rtasidagi murakkab bog‘liqliklarni to‘liq ochib bera olmaydi. Shu sababli, ekonometrik modellashtirish usullari xizmat ko‘rsatish sektorini ilmiy asosda o‘rganishda keng qo‘llanilmoqda [2], [3].

Ekonometrik yondashuv yordamida xizmatlar hajmiga ta’sir etuvchi asosiy omillarni aniqlash, ularning ta’sir darajasini baholash va iqtisodiy qarorlar qabul qilishda asos yaratish mumkin. Ayniqsa, investitsiyalar, daromadlar, bandlik va raqamlashtirish kabi omillar xizmatlar sektorining rivojlanishida hal qiluvchi ahamiyatga ega [4].Mazkur maqolaning maqsadi xizmat ko‘rsatish korxonalari faoliyati ko‘rsatkichlarini ekonometrik modellashtirish asosida tahlil qilish hamda asosiy ta’sir etuvchi omillarni aniqlashdan iborat.

Metodologiya: Tadqiqotda ekonometrik tahlil usullaridan foydalanildi. Empirik tahlil uchun 2016–2024 yillar oralig‘idagi makroiqtisodiy ko‘rsatkichlar asos qilib olindi. Tadqiqotda xizmat ko‘rsatish hajmi natijaviy o‘zgaruvchi sifatida tanlanib, unga ta’sir etuvchi omillar sifatida investitsiyalar hajmi, bandlik darajasi, aholi daromadlari, raqamlashtirish darajasi va inflyatsiya ko‘rsatkichlari kiritildi.

Tahlilda quyidagi metodlardan foydalanildi: ko‘p omilli regressiya tahlili
dinamik tahlil iqtisodiy-statistik taqqoslash mantiqiy umumlashtirish

Ma’lumotlar O‘zbekiston Respublikasi Statistika agentligi hamda xalqaro tashkilotlar ma’lumotlari asosida shakllantirildi. Model natijalari determinatsiya koeffitsiyenti (R^2), t-statistika va ahamiyatlilik darajalari orqali baholandi.

Ushbu yondashuv xizmat ko‘rsatish sektoridagi o‘zgarishlarni ilmiy asosda tushuntirish imkonini berdi.

Natijalar

Tadqiqot doirasida xizmat ko‘rsatish korxonalari faoliyatining asosiy iqtisodiy ko‘rsatkichlari ekonometrik model yordamida tahlil qilindi. Tahlil uchun 2016–2024 yillar oralig‘idagi statistik ma’lumotlar asos qilib olindi. Natijaviy ko‘rsatkich sifatida xizmat ko‘rsatish hajmi (XKH) tanlandi [5], [6].

Modelda quyidagi asosiy omillar hisobga olindi:

- Investitsiyalar hajmi (INV)
- Bandlik darajasi (EMP)
- Aholi daromadlari (INC)
- Raqamlashtirish darajasi (DIG)
- Inflyatsiya darajasi (INF)

Ko‘p omilli regressiya modeli quyidagi bog‘liqlikni ko‘rsatdi:

$$XKH = \beta 0 + \beta 1INV + \beta 2EMP + \beta 3INC + \beta 4DIG + \beta 5INF + \varepsilon$$

Jadval 1. Xizmat ko‘rsatish hajmiga ta’sir etuvchi omillar (regressiya natijalari)

O‘zgaruvchi	Koeffitsiyent (β)	t-statistika	Ahamiyatlilik
Investitsiya (INV)	0.58	4.92	***
Bandlik (EMP)	0.41	3.37	**
Daromad (INC)	0.63	5.11	***
Raqamlashtirish (DIG)	0.52	4.28	***
Inflyatsiya (INF)	-0.29	-2.45	*

$$R^2 = 0.74$$

Manba: Muallif hisob-kitoblari (Statistika agentligi va Jahon banki ma’lumotlari asosida).

Natijalarga ko‘ra, eng katta ta’sir aholi daromadlariga tegishli ($\beta = 0.63$). Bu xizmatlarga bo‘lgan talab daromad darajasiga bevosita bog‘liq ekanligini ko‘rsatadi.

Investitsiyalar ham muhim omil bo‘lib ($\beta = 0.58$), xizmat ko‘rsatish infratuzilmasining rivojlanishi va xizmatlar sifati oshishiga olib keladi.

Raqamlashtirish darajasi ($\beta = 0.52$) xizmat ko‘rsatish sektorining zamonaviy rivojlanishida muhim rol o‘ynaydi. Ayniqsa, onlayn xizmatlar va platformalar orqali xizmat hajmi sezilarli oshmoqda [7].

Bandlik darajasi ($\beta = 0.41$) xizmatlar hajmiga ijobiy ta’sir ko‘rsatadi, bu esa mehnat resurslarining muhimligini tasdiqlaydi.

Inflyatsiya esa salbiy ta’sir ko‘rsatmoqda($\beta = -0.29$), bu narxlar oshishi xizmatlarga bo‘lgan talabni kamaytirishini bildiradi.

Muhokama

Jadval 1 natijalari xizmat ko‘rsatish sektorining rivojlanishi ko‘p omilli iqtisodiy jarayon ekanligini yaqqol ko‘rsatadi. Eng muhim omil sifatida aholi daromadlari ajralib turadi. Bu holat xizmatlarga bo‘lgan talabning daromadga sezgirligini tasdiqlaydi. Daromad oshgani sari iste’mol tarkibida xizmatlar ulushi ortadi, bu esa xizmat ko‘rsatish hajmini kengaytiradi [8].

Investitsiyalar omili ham yuqori ijobiy ta’sir ko‘rsatmoqda. Bu xizmatlar infratuzilmasining rivojlanishi va xizmatlar sifatining oshishi bilan izohlanadi. Ayniqsa, transport, turizm, bank va IT xizmatlari sohalarida investitsiyalar xizmat hajmini sezilarli darajada oshiradi [9].

Raqamlashtirish omili xizmatlar sektorining zamonaviy rivojlanishida muhim rol o‘ynayotganini ko‘rsatadi. Raqamli platformalar orqali xizmatlar tezkor, qulay va keng miqyosda taqdim etilmoqda. Bu esa xizmatlar bozorining kengayishiga olib kelmoqda.

Bandlik darajasining ijobiy ta’siri xizmatlar sektorining mehnat sig‘imi yuqori ekanligini tasdiqlaydi. Ya’ni, xizmatlar sektori rivojlangan sari yangi ish o‘rinlari yaratiladi va bu yana xizmatlar hajmini oshiradi.

Inflyatsiya ko‘rsatkichi esa salbiy ta’sir ko‘rsatmoqda. Bu holat narxlar oshishi natijasida real iste’mol qisqarishini anglatadi. Shu sababli makroiqtisodiy barqarorlik xizmatlar sektorining rivojlanishi uchun muhim shart hisoblanadi [10].

Umuman olganda, ekonometrik model natijalari xizmat ko‘rsatish sektorining rivojlanishi iqtisodiy, demografik va texnologik omillar uyg‘unligiga bog‘liqligini ko‘rsatadi.

Xulosa

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, xizmat ko‘rsatish korxonalari faoliyatini ekonometrik modellashtirish orqali ularning rivojlanishiga ta’sir etuvchi asosiy omillarni aniqlash mumkin.

Aholi daromadlari, investitsiyalar va raqamlashtirish darajasi xizmat ko‘rsatish hajmini oshiruvchi asosiy omillar sifatida namoyon bo‘ldi. Shu bilan birga, inflyatsiyaning salbiy ta’siri iqtisodiy barqarorlikni ta’minlash zarurligini ko‘rsatadi.

Ekonometrik model yuqori aniqlik darajasiga ega bo‘lib, xizmatlar sektoridagi o‘zgarishlarni tushuntirishda samarali vosita ekanligi aniqlandi. Ushbu yondashuv iqtisodiy siyosatni shakllantirish, investitsiya qarorlarini qabul qilish va xizmatlar sektorini rivojlantirish strategiyalarini ishlab chiqishda muhim ahamiyatga ega.

Kelgusida ushbu yo‘nalishda yanada murakkab modellardan foydalanish va real vaqt ma’lumotlari asosida tahlillarni chuqurlashtirish dolzarb ilmiy vazifa bo‘lib qoladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti, “Raqamli iqtisodiyotni rivojlantirish chora-tadbirlari to‘g‘risida,” PF-6079-son Farmon, Toshkent, 2020.

2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti, “2022–2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekiston taraqqiyot strategiyasi,” PF-60-son Farmon, Toshkent, 2022.

3. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti, “Raqamli O‘zbekiston – 2030 strategiyasi to‘g‘risida,” PF-158-son Farmon, Toshkent, 2023.

4. O‘zbekiston Respublikasi Statistika agentligi, Xizmatlar sohasi bo‘yicha statistik to‘plam, Toshkent, 2024.

5. J. M. Wooldridge, Introductory Econometrics, 7th ed. Boston, MA: Cengage, 2020.

6. W. H. Greene, Econometric Analysis, 8th ed. New York: Pearson, 2018.

7. D. Gujarati and D. Porter, Basic Econometrics, 5th ed. New York:

McGraw-Hill, 2009.
8. J. Stock and M. Watson, Introduction to Econometrics, 4th ed. Pearson, 2020.
9. World Bank, World Development Indicators, Washington, DC, 2024.
10. IMF, World Economic Outlook, Washington, DC, 2024.

MENEJMENTDA CHIZIQLI VA CHIZIQSIZ DASTURLASH USULLARINING QO‘LLANILISHI

O‘razaliyev Shirinboy Bo‘ron o‘g‘li Samarqand iqtisodiyot va servis instituti

Annotatsiya. Maqolada boshqaruv qarorlarini qabul qilishda chiziqli va chiziqsiz dasturlash usullarining nazariy asoslari va amaliy qo‘llanilishi yoritilgan. Chiziqli dasturlash masalasining matematik modeli, simpleks usul va ikkilanma masala, chiziqsiz dasturlashda Lagranj ko‘paytuvchilari hamda Kun–Takker shartlari ko‘rib chiqilgan. Ishlab chiqarish rejasini optimallashtirish bo‘yicha sonli misol keltirilgan.

Kalit so‘zlar: menejment, optimallashtirish, chiziqli dasturlash, chiziqsiz dasturlash, simpleks usul, Lagranj funksiyasi, ikkilanma baho.

Kirish: Bozor iqtisodiyoti sharoitida korxona va tashkilotlar faoliyatining samaradorligi cheklangan resurslardan – mehnat, xomashyo, uskuna quvvati va moliyaviy mablag‘lardan – qanchalik oqilona foydalanilishiga bevosita bog‘liq. Menejer har kuni mavjud resurslarni qaysi mahsulotlar o‘rtasida qanday taqsimlash kerakki, foyda eng ko‘p, xarajat esa eng kam bo‘lsin, degan savolga javob izlaydi. Bunday savollarga sezgi va tajriba asosida emas, balki matematik modellar yordamida asoslangan javob berish zamonaviy menejmentning muhim talabiga aylangan. Matematik dasturlash ana shunday optimallashtirish vositalaridan biri bo‘lib, uning asoslarini L.V. Kantorovich va G. Dantsig yaratgan. Maqolaning maqsadi chiziqli va chiziqsiz dasturlash usullarining mohiyatini ochib berish hamda ularning menejment masalalarida qo‘llanilishini sonli misollar orqali ko‘rsatishdan iborat.

1. Chiziqli dasturlash masalasining modeli

Chiziqli dasturlash (ChD)da maqsad funksiyasi ham, cheklovlar ham o‘zgaruvchilarga nisbatan chiziqli bo‘ladi. Faraz qilaylik, x_j – j-turdagi mahsulot hajmi, c_j – uning birligidan olinadigan foyda, a_{ij} – bir birlik mahsulotga sarflanadigan i-resurs miqdori, b_i – shu resursning zaxirasi bo‘lsin. U holda masala quyidagicha yoziladi:

$$Z = \sum_{j=1}^{n} c_j x_j \to max, \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j \le b_i, i = 1,2,\dots,m, \quad (2)$$

$$x_j \ge 0, j = 1,2,\dots,n. \quad (3)$$

Cheklovlarni qanoatlantiruvchi barcha nuqtalar to‘plami qavariq ko‘pyoqlikni tashkil etadi va maqsad funksiyasining optimal qiymatiga shu

ko‘pyoqlikning uchlaridan birida erishiladi. Simpleks usul ana shu xossaga asoslangan: u ko‘pyoqlikning bir uchidan maqsad funksiyasi yaxshilanadigan qo‘shni uchiga ketma-ket o‘tib, optimal yechimga chekli qadamda olib keladi. Maksimum masalasida joriy bazis yechimning optimalligi alomati – barcha baholarning manfiy emasligidir:

$$\Delta_j = \sum_{i=1}^{m} c_{Bi} a_{ij} - c_j \geq 0, \quad (4)$$

bu yerda c_{Bi} – bazisga kiruvchi o‘zgaruvchilarning maqsad funksiyasidagi koeffitsiyentlari. Har bir ChD masalasiga ikkilanma masala mos keladi:

$$W = \sum_{i=1}^{m} b_i y_i \to min, \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^{m} a_{ij} y_i \geq c_j, y_i \geq 0. \quad (6)$$

Ikkilanma o‘zgaruvchi y_i – i-resursning ikkilanma bahosi (soya narxi) bo‘lib, shu resurs zaxirasi bir birlikka ortganda foyda qancha o‘sishini ko‘rsatadi. Ikkilanma teoremaga ko‘ra optimal yechimlarda $Z_{max} = W_{min}$ tenglik bajariladi. Menejer uchun bu qaysi resursni ko‘paytirish iqtisodiy jihatdan foydali ekanini aniqlash imkonini beradi.

2. Ishlab chiqarish rejasini optimallashtirish misoli

Korxona A va B mahsulotlarini ishlab chiqaradi. A ning bir birligidan 40, B dan 30 shartli pul birligi foyda olinadi. Ishchi kuchi zaxirasi 100 soat, xomashyo zaxirasi 80 kg; A mahsulotga bozor talabi 40 birlikdan oshmaydi. A uchun 2 soat va 1 kg, B uchun 1 soat va 1 kg sarflanadi. Masalaning modeli:

$$Z = 40x_1 + 30x_2 \to max, \quad (7)$$

$$2x_1 + x_2 \leq 100, x_1 + x_2 \leq 80, x_1 \leq 40, x_1, x_2 \geq 0. \quad (8)$$

Grafik yoki simpleks usul bilan yechilganda optimal reja $x_1 *= 20, x_2 *= 60$ bo‘lib, $Z_{max} = 40 \cdot 20 + 30 \cdot 60 = 2600$ ni tashkil etadi. Bunda ishchi kuchi ham, xomashyo ham to‘liq sarflanadi, bozor cheklovi esa bajarilmaydi (20<40), ya’ni u “bo‘sh”. Ikkilanma masala $100y_1 + 80y_2 \to min$ ning yechimi $y_1 *= 10, y_2 *= 20$ bo‘lib, $W_{min} = 100 \cdot 10 + 80 \cdot 20 = 2600$ – ikkilanma teorema tasdiqlanadi. Demak, qo‘shimcha bir soat ishchi kuchi foydani 10 ga, bir kilogramm xomashyo esa 20 ga oshiradi: xomashyo tanqisligi ishlab chiqarish uchun jiddiyroq to‘siq hisoblanadi.

3. Chiziqsiz dasturlash usullari

Amaliyotda iqtisodiy bog‘lanishlar ko‘pincha chiziqli emas: narx sotish hajmiga bog‘liq, miqyos samarasi tufayli birlik xarajat o‘zgaradi, investitsiya portfelidagi tavakkalchilik esa kvadratik funksiya bilan ifodalanadi. Bunday hollarda chiziqsiz dasturlash (ChsD) qo‘llaniladi. Uning umumiy ko‘rinishi:

$$f(x) \to max, \quad (9)$$

$$g_i(x) \leq b_i, i = 1,2, \dots, m, \quad (10)$$

bu yerda $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, f yoki g_i funksiyalardan kamida biri chiziqsiz. Agar f botiq, g_i lar qavariq bo‘lsa, masala qavariq dasturlash masalasi bo‘ladi va har qanday lokal maksimum global maksimum ham bo‘ladi. Cheklovli masalalarni yechishda Lagranj funksiyasi tuziladi:

$$L(x, \lambda) = f(x) + \sum_{i=1}^{m} \lambda_i (b_i - g_i(x)). \quad (11)$$

Optimallikning zaruriy shartlari – Kun–Takker shartlari [8]:

$$\frac{\partial L}{\partial x_j} = \frac{\partial f}{\partial x_j} - \sum_{i=1}^{m} л_i \frac{\partial g_i}{\partial x_j} = 0, \quad (12)$$

$$\lambda_i(b_i - g_i(x)) = 0, \lambda_i \geq 0. \quad (13)$$

Bu yerda λ_i Lagranj ko‘paytuvchisi bo‘lib, chiziqli holdagi ikkilanma bahoning umumlashmasidir: $\lambda_i > 0$ bo‘lsa, i-cheklov to‘liq ishlatilgan (faol), $\lambda_i = 0$ bo‘lsa, resurs ortiqcha bo‘ladi.

Misol. Monopol korxona uchun talab funksiyasi $p = a - bq$, birlik xarajat c $(a > c > 0)$ bo‘lsin. Foydani maksimallashtirish masalasi:

$$\pi(q) = (a - bq)q - cq \rightarrow max. \quad (14)$$

$$\frac{d\pi}{dq} = a - 2bq - c = 0, \Rightarrow \; q* = \frac{a-c}{2b}, p* = \frac{a+c}{2}. \quad (15)$$

$\pi'' = -2b < 0$ bo‘lgani uchun bu nuqta maksimumdir. Endi ishlab chiqarish quvvati $q \leq Q$ bilan cheklangan bo‘lsin. Agar $q* > Q$ bo‘lsa, Kun–Takker shartlariga ko‘ra $q = Q$ va $\lambda = a - 2bQ - c > 0$ bo‘ladi. Bu yerda λ quvvatni bir birlikka kengaytirishning chekka foydasini bildiradi va investitsiya qarorlarini asoslashda mezon bo‘lib xizmat qiladi.

4. Menejmentda qo‘llanilish sohalari

Chiziqli dasturlash ishlab chiqarish rejasini tuzish, transport masalasi, ishchilarni smenalar bo‘yicha taqsimlash, aralashma (ratsion) tarkibini tanlash, reklama byudjetini turli kanallar o‘rtasida bo‘lish kabi masalalarda keng qo‘llaniladi. Chiziqsiz dasturlash narx belgilash, zaxiralarni boshqarish, investitsiya portfelini tuzish (tavakkalchilikni minimallashtirish) va mintaqaviy resurslarni taqsimlash masalalarida zarur bo‘ladi. Amalda bunday masalalar MS Excel “Solver” qo‘shimchasi, Python (SciPy), MATLAB, LINGO, GAMS kabi dasturiy vositalar yordamida yechiladi.

Xulosa

Chiziqli dasturlash cheklangan resurslarni taqsimlashning aniq va samarali rejasini beradi, ikkilanma baholar esa resurslarning iqtisodiy qiymatini baholashga yordam beradi. Chiziqsiz dasturlash real iqtisodiy jarayonlarning murakkab bog‘lanishlarini aks ettiradi va Lagranj ko‘paytuvchilari orqali cheklovlarning chekka qiymatini aniqlash imkonini beradi. Ikkala usulni birgalikda qo‘llash menejerlarga asoslangan, miqdoriy jihatdan tekshirilgan qarorlar qabul qilish imkonini beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Beknazarova N.R., Jumayev X.N. Matematik programmalashtirish va optimallashtirish usullari: O‘quv qo‘llanma. – T.: Iqtisodiyot, 2011. – 200 b.

2. Shamsiyeva F.M. Iqtisodiyotda qaror qabul qilishning matematik usullari: O‘quv qo‘llanma. – T.: Innovatsion rivojlanish nashriyot-matbaa uyi, 2021. – 180 b. – ISBN 978-9943-7660-6-8.

3. Xo‘djamuratova G.Yu., Azlarova M.M. Menejment. Marketing: Darslik. – T.: Iqtisodiyot, 2019. – 359 b.

4. Yo‘ldoshev N.Q., Rashidov J.X. Menejmentning tadqiqot usullari: Darslik. – T.: Iqtisodiyot, 2019.

5. Umarxodjayeva M.G‘., Yaxyayeva I.K. Ishlab chiqarish menejment: O‘quv qo‘llanma. – T.: Iqtisodiyot, 2019. – 310 b.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕНОСА И ДИФФУЗИИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРЕ ДЛЯ ЗАДАЧ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПРОМЫШЛЕННЫХ РЕГИОНОВ

Муртазаева Умида Исакуловна, Ачилов Гайрат Норбобоевич, Муртозаев Ориф Бектемир угли

Самаркандский филиал Ташкентского международного университета кимё

Загрязнение атмосферного воздуха выбросами промышленных предприятий, автотранспорта и пылевыми частицами, поступающими с опустыненных территорий, является одной из основных экологических проблем Центральной Азии. Существующая сеть стационарных постов наблюдения позволяет получать информацию о концентрации загрязняющих веществ лишь в отдельных точках, тогда как для принятия управленческих решений необходимо знать пространственно-временное распределение примеси на всей территории региона.

Восполнить этот пробел позволяют математические модели, описывающие физические процессы переноса, рассеяния и трансформации примесей [1, 2]. В сочетании с данными натурных наблюдений они образуют основу информационно-моделирующих систем мониторинга, позволяющих не только оценивать текущее состояние атмосферы, но и прогнозировать его изменение при различных метеорологических условиях и сценариях выбросов.

Целью настоящей работы является построение математической модели и вычислительного алгоритма для расчёта полей концентрации загрязняющих веществ в атмосфере с последующим уточнением результатов по данным постов мониторинга.

Постановка задачи. Рассмотрим область $\Omega = \{0 \le x \le L_x,\ 0 \le y \le L_y,\ 0 \le z \le H\}$, в которой происходит распространение примеси от источников выбросов. Процесс переноса и диффузии описывается уравнением [1, 3]:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} + u\frac{\partial \theta}{\partial x} + v\frac{\partial \theta}{\partial y} + \left(w - w_g\right)\frac{\partial \theta}{\partial z} + \sigma\theta = \frac{\partial}{\partial x}\left(\mu\frac{\partial \theta}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\mu\frac{\partial \theta}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(\kappa\frac{\partial \theta}{\partial z}\right) + \sum_{i=1}^{N} Q_i\ \delta(\mathbf{r} - \mathbf{r}_i), \qquad (1)$$

где $\theta(x, y, z, t)$ – концентрация примеси, мг/м³; u, v, w – компоненты скорости ветра, м/с; w_g – скорость гравитационного оседания частиц, м/с; σ – коэффициент химической трансформации (распада) примеси, с$^{-1}$; μ, κ – коэффициенты горизонтальной и вертикальной турбулентной диффузии, м²/с; Q_i – мощность -го источника, мг/с; δ – дельта-функция Дирака; $\mathbf{r}_i$ – координаты источника.

Скорость оседания аэрозольных частиц определяется по формуле Стокса:

$$w_g = \frac{2r^2 g(\rho_p - \rho_a)}{9\eta}, \qquad (2)$$

где r – радиус частицы; ρ_p, ρ_a – плотности частицы и воздуха; η – динамическая вязкость воздуха; g – ускорение свободного падения.

Уравнение (1) дополняется начальным условием

$$\theta(x, y, z, 0) = \theta_0(x, y, z) \qquad (3)$$

и граничными условиями. На подстилающей поверхности учитывается взаимодействие примеси с поверхностью (сухое осаждение), на верхней границе – отсутствие потока:

$$\kappa \frac{\partial \theta}{\partial z} = (\beta\theta - w_g\theta)|_{z=0}, \qquad \frac{\partial \theta}{\partial z}|_{z=H} = 0, \qquad (4)$$

где β – коэффициент взаимодействия примеси с подстилающей поверхностью. На боковых границах задаются условия третьего рода, учитывающие фоновую концентрацию θ_ϕ:

$$\mu \frac{\partial \theta}{\partial n} = \xi(\theta - \theta_\phi)|_{\partial\Omega}. \qquad (5)$$

Вертикальный профиль скорости ветра в приземном слое аппроксимируется степенным законом $u(z) = u_1(z/z_1)^p$, где u_1 – скорость ветра на высоте флюгера z_1, а показатель p зависит от класса устойчивости атмосферы.

Численный алгоритм решения. Для решения задачи (1)–(5) в области Ω вводится равномерная сетка $\omega = \{x_i = i\Delta x,\ y_j = j\Delta y,\ z_k = k\Delta z,\ t_n = n\tau\}$. Многомерная задача на каждом временном шаге расщепляется на последовательность одномерных задач по направлениям x, y и z (метод покомпонентного расщепления [3, 4]). Адвективные члены аппроксимируются разностями против потока, диффузионные – центральными разностями. Для направления x неявная схема имеет вид:

$$\frac{\theta_i^{n+1/3} - \theta_i^n}{\tau} + \frac{u^+\left(\theta_i^{n+1/3} - \theta_{i-1}^{n+1/3}\right) + u^-\left(\theta_{i+1}^{n+1/3} - \theta_i^{n+1/3}\right)}{\Delta x} = \frac{\mu}{\Delta x^2}\left(\theta_{i+1}^{n+1/3} - 2\theta_i^{n+1/3} + \theta_{i-1}^{n+1/3}\right), \qquad (6)$$

где $u^+ = 0{,}5\,(u + |u|)$, $u^- = 0{,}5\,(u - |u|)$. Схема (6) приводится к системе с трёхдиагональной матрицей

$$a_i\theta_{i-1} - b_i\theta_i + c_i\theta_{i+1} = -d_i, \qquad i = 1, \dots, M-1, \qquad (7)$$

которая решается методом прогонки по рекуррентным формулам

$$\alpha_{i+1} = \frac{c_i}{b_i - a_i\alpha_i}, \qquad \beta_{i+1} = \frac{a_i\beta_i + d_i}{b_i - a_i\alpha_i}, \qquad \theta_i = \alpha_{i+1}\theta_{i+1} + \beta_{i+1}. \qquad (8)$$

Поскольку $a_i, c_i > 0$ и $b_i \geq a_i + c_i$, выполняется условие диагонального преобладания, что гарантирует устойчивость прогонки и монотонность схемы. Схема безусловно устойчива и имеет первый порядок аппроксимации по времени. Аналогично решаются задачи по направлениям y и z. Вычислительная сложность одного временного шага пропорциональна числу узлов сетки, что позволяет выполнять оперативные расчёты на персональном компьютере.

Усвоение данных наблюдений. Результаты моделирования неизбежно содержат погрешности, обусловленные неточностью входных параметров (мощности выбросов, метеорологических данных, коэффициентов диффузии). Для их уменьшения предлагается корректировать расчётное поле по данным m постов мониторинга с помощью фильтра Калмана [5]. Пусть $\boldsymbol{\theta}^f$ – вектор прогнозных значений концентрации в узлах сетки, $\mathbf{y}$ – вектор измерений, $\mathbf{H}$ – оператор наблюдения, интерполирующий сеточные значения в точки расположения постов. Уточнённая оценка (анализ) вычисляется по формулам:

$$\theta^a = \theta^f + \mathrm{K}\left(\mathrm{y} - \mathrm{H}\theta^f\right), \qquad \mathrm{K} = \mathrm{P}^f\mathrm{H}^T\left(\mathrm{H}\mathrm{P}^f\mathrm{H}^T + \mathrm{R}\right)^{-1}, \qquad (9)$$

$$\mathrm{P}^a = (\mathrm{I} - \mathrm{K}\mathrm{H})\mathrm{P}^f, \qquad (10)$$

где K – матрица коэффициентов усиления; P^f, P^a – ковариационные матрицы ошибок прогноза и анализа; R – ковариационная матрица ошибок измерений. Ковариации ошибок прогноза задаются экспоненциальной функцией расстояния:

$$P^f_{kl} = s^2 \exp\left(-\frac{|\mathbf{r}_k - \mathbf{r}_l|}{\ell}\right), \qquad (11)$$

где s^2 – дисперсия ошибки модели, ℓ – радиус корреляции. Такой подход позволяет распространить информацию, полученную на постах наблюдения, на окружающую территорию с учётом физики процесса, заложенной в модели.

Качество модели оценивается по среднеквадратической ошибке и коэффициенту согласия:

$$\mathrm{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m}\left(\theta_j^{\text{расч}} - \theta_j^{\text{изм}}\right)^2}, \qquad d$$

$$= 1 - \frac{\sum_{j=1}^{m}\left(\theta_j^{\text{расч}} - \theta_j^{\text{изм}}\right)^2}{\sum_{j=1}^{m}\left(\left|\theta_j^{\text{расч}} - \bar{\theta}\right| + \left|\theta_j^{\text{изм}} - \bar{\theta}\right|\right)^2}. \qquad (12)$$

Вычислительный эксперимент. Для проверки работоспособности алгоритма проведён вычислительный эксперимент для одиночного точечного источника мелкодисперсной пыли мощностью $Q = 10$ г/с с эффективной высотой выброса 50 м в условиях нейтральной стратификации атмосферы. Для контроля численного решения в установившемся режиме использовалось аналитическое гауссово решение для приземной концентрации на оси факела [2, 6]:

$$\theta(x, 0,0) = \frac{Q}{\pi u\, \text{у}_y(x)\, \sigma_z(x)} \exp\left(-\frac{H_{\text{эф}}^2}{2\sigma_z^2(x)}\right), \qquad (13)$$

где σ_y, σ_z – дисперсии рассеяния, вычисляемые по эмпирическим формулам Бриггса для городской застройки. Результаты расчёта приземной концентрации на оси факела приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Приземная концентрация пыли на оси факела, мг/м³

Скорость ветра u, м/с	500 м	1000 м	2000 м	5000 м
2	0,158	0,231	0,128	0,042
4	0,079	0,115	0,064	0,021
6	0,053	0,077	0,043	0,014

Результаты показывают, что максимум приземной концентрации достигается на расстоянии около 1 км от источника, а с ростом скорости ветра концентрация уменьшается обратно пропорционально скорости ветра за счёт усиления разбавления. При слабом ветре (2 м/с) в зоне 1–2 км значения концентрации приближаются к среднесуточной ПДК взвешенных веществ (0,15 мг/м³) и превышают её, что указывает на необходимость размещения постов контроля именно в этой зоне. Расхождение между численным решением задачи (1)–(5) и аналитическим решением (13) в установившемся режиме не превышает нескольких процентов, что подтверждает корректность алгоритма.

Заключение. Предложенная математическая модель и вычислительный алгоритм позволяют рассчитывать пространственно-временное распределение загрязняющих веществ в атмосфере с учётом ветра, турбулентности, оседания частиц и взаимодействия с подстилающей поверхностью. Неявная схема расщепления с методом прогонки

обеспечивает устойчивость и экономичность расчётов, а процедура усвоения данных на основе фильтра Калмана позволяет согласовать результаты моделирования с данными постов мониторинга и уменьшить погрешность оценок в точках, где измерения отсутствуют.

Литература

1. Марчук Г.И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. – М.: Наука, 1982. – 320 с.
2. Берлянд М.Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы. – Л.: Гидрометеоиздат, 1975. – 448 с.
3. Самарский А.А., Вабищевич П.Н. Численные методы решения задач конвекции–диффузии. – М.: Эдиториал УРСС, 1999. – 248 с.
4. Яненко Н.Н. Метод дробных шагов решения многомерных задач математической физики. – Новосибирск: Наука, 1967. – 196 с.
5. Kalman R.E. A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems // Journal of Basic Engineering. – 1960. – Vol. 82, № 1. – P. 35–45.
6. Pasquill F., Smith F.B. Atmospheric Diffusion. – 3rd ed. – Chichester: Ellis Horwood, 1983. – 437 p.

EKOLOGIK TIZIMLARDA BIOXILMA-XILLIKNI BAHOLASHNING POPULYATSION MODELI

Salimov Esanjon Xusen o‘g‘li SamISI Oliy matematika kafedrasi dotsenti v.b., PhD

Annotatsiya: Ushbu maqola ekologik tizimlarda tur populyatsiyasi, yashash muhiti sifati va antropogen bosim o‘rtasidagi bog‘liqlikni dinamik modellashtirish usullarini ko‘rib chiqadi. Usullar: Tadqiqot populyatsion ekologiya va matematik modellashtirish manbalarini tahlil qilish, shuningdek tur populyatsiyasi va yashash muhiti o‘rtasidagi munosabatni konseptual ifodalash usuliga tayandi. Natijalar: Natijada populyatsiya o‘sishi, yashash muhiti sig‘imi, antropogen bosim va kuzatuv xatosini birgalikda ko‘rib chiqadigan namunaviy dinamik model taklif etildi. Xulosa: taklif etilgan yondashuvni mahalliy ekologik ma’lumotlar bilan sinovdan o‘tkazish tavsiya etiladi.

Kalit so‘zlar: bioxilma-xillik, populyatsiya, yashash muhiti, dinamik model, ekologik bosim, muhofaza.

Kirish: Bioxilma-xillikni baholashda tur soni yoki bir martalik kuzatuv yetarli bo‘lmasligi mumkin. Populyatsiya vaqt davomida tug‘ilish, o‘lim, migratsiya va yashash muhiti o‘zgarishi ta’sirida shakllanadi. Ekologik tizimlarni dinamik modellashtirish ushbu jarayonlarni yagona doirada ifodalab, tur holatiga ta’sir etuvchi omillarni ajratishga yordam beradi.

Tadqiqot metodologiyasi: Tadqiqot populyatsion ekologiya va matematik modellashtirish manbalarini tahlil qilish, shuningdek tur populyatsiyasi va yashash muhiti o‘rtasidagi munosabatni konseptual ifodalash usuliga tayandi.

Logistik o‘sish tenglamasi, antropogen olib qo‘yish va kuzatuvdagi aniqlash ehtimoli ko‘rib chiqildi. Muhofaza ssenariylari taqqoslash uchun mezonlar ishlab chiqildi. Muayyan tur bo‘yicha yangi dala kuzatuvi o‘tkazilmaganligi sababli maqoladagi model namunaviy bo‘lib, amaliy qo‘llashdan oldin parametrlar mahalliy kuzatuvlar orqali aniqlanishi lozim.

Populyatsion model: Boshlang‘ich yondashuv sifatida logistika tenglamasi qo‘llanishi mumkin: $N(t+1)=N(t)+rN(t)(1-N(t)/K)-H(t)$. Bu yerda N – populyatsiya hajmi, r – tabiiy o‘sish koeffitsiyenti, K – yashash muhiti sig‘imi, H – ov, yig‘ib olish yoki boshqa olib qo‘yish bosimi. Amaliy ekotizimlarda migratsiya va fazoviy bo‘linish bo‘lsa, model hududiy bloklarga ajratiladi. Yashash muhiti maydoni, suv rejimi, o‘simlik qoplami va fragmentatsiya K ko‘rsatkichiga ta’sir qiluvchi omillar sifatida kiritilishi mumkin. Logistik o‘sish modeli ekologiyada populyatsiya dinamikasini ifodalash uchun qo‘llanadigan klassik yondashuvlardan biridir (Gotelli, 2008).

Natijalar: Natijada populyatsiya o‘sishi, yashash muhiti sig‘imi, antropogen bosim va kuzatuv xatosini birgalikda ko‘rib chiqadigan namunaviy dinamik model taklif etildi.

Populyatsion model: Boshlang‘ich yondashuv sifatida logistika tenglamasi qo‘llanishi mumkin: $N(t+1)=N(t)+rN(t)(1-N(t)/K)-H(t)$. Bu yerda N – populyatsiya hajmi, r – tabiiy o‘sish koeffitsiyenti, K – yashash muhiti sig‘imi, H – ov, yig‘ib olish yoki boshqa olib qo‘yish bosimi. Amaliy ekotizimlarda migratsiya va fazoviy bo‘linish bo‘lsa, model hududiy bloklarga ajratiladi. Yashash muhiti maydoni, suv rejimi, o‘simlik qoplami va fragmentatsiya K ko‘rsatkichiga ta’sir qiluvchi omillar sifatida kiritilishi mumkin. Logistik o‘sish modeli ekologiyada populyatsiya dinamikasini ifodalash uchun qo‘llanadigan klassik yondashuvlardan biridir (Gotelli, 2008).

Ma’lumot va noaniqlik: Populyatsiya soni bevosita sanash, kamera-tuzoq, izlar yoki masofadan zondlash orqali baholanishi mumkin. Har bir usul kuzatish xatosiga ega, shu bois kuzatilgan miqdor haqiqiy populyatsiyaga teng deb olinmaydi. Model kuzatish jarayonini ham ifodalashi, masalan, aniqlash ehtimolini alohida parametr bilan hisobga olishi kerak. Bir necha yillik ma’lumot bo‘lmasa, parametrlar aniqligi past bo‘lishi mumkin; bunday vaziyatda aniq prognozdan ko‘ra omillar bo‘yicha ssenariy tahlili ishonchliroq.

Muhofaza ssenariylari: Muhofaza hududini kengaytirish, ekologik koridor yaratish, noqonuniy foydalanishni kamaytirish yoki degradatsiyaga uchragan maydonni tiklash ssenariylari solishtiriladi. Natija faqat populyatsiya soni bilan o‘lchanmasdan, yashash muhiti yaxlitligi va mahalliy hamjamiyatga ta’sir bilan ham baholanishi lozim. Model eng ta’sirchan omillarni aniqlab, monitoring resurslarini qayerga yo‘naltirishni ko‘rsatishi mumkin.

Qo‘llash shartlari va metodik cheklovlar: Populyatsiya soni turli mavsum yoki turli kuzatuv usullarida olingan bo‘lsa, aniqlash ehtimoli o‘zgaradi. Bu farqni hisobga olmasdan qiyoslash noto‘g‘ri xulosaga olib kelishi mumkin. Dala kuzatuvlari yagona protokolga keltirilib, mahalliy ekologlar va tabiatdan

foydalanuvchilarning bilimlari bilan tekshiriladi. Parametrlarning diapazoni muhofaza chorasi qaysi sharoitda samaraliroq ekanini ko‘rsatadi. Har yili model prognozi yangi kuzatuv bilan solishtiriladi, tafovutlar hujjatlashtiriladi va keyingi hisoblarda inobatga olinadi.

Amaliy natijalarni baholash: Modelning boshqaruvdagi vazifasi ekologik holatni avtomatik hukm qilish emas, balki muhofaza variantlarini izchil taqqoslashdan iborat. Shu sababli natija turli noaniqlik ssenariylari ostida barqaror qoladimi, degan savol tekshiriladi. Agar parametrlar biroz o‘zgarganda tavsiya keskin almashsa, qaror chiqarishdan oldin qo‘shimcha kuzatuv kerak bo‘ladi. Modelni mutaxassislar, mahalliy hamjamiyat va tegishli idoralar bilan muhokama qilish ekologik bilimni matematik ifoda bilan bog‘laydi. Monitoring dasturi populyatsion baho bilan birga yashash muhiti holatini ham qayd etishi zarur.

Tadqiqot natijalarining ilmiy-amaliy ahamiyati: Bioxilma-xillik uchun model natijasini faqat tur soni bilan ifodalash ekologik tizimning murakkabligini kamaytirib yuboradi. Muhofaza mezonlariga yashash muhiti maydoni, uzluksizligi, suv va oziqa mavjudligi, ko‘payish muvaffaqiyati kabi indikatorlar qo‘shilishi mumkin. Ayrim turlar uchun populyatsiya soni bevosita sanalmaydi; bunda takroriy kuzatuv dizayni va aniqlash ehtimoli asosiy ahamiyat kasb etadi. Modeldagi xavf ssenariysi muhofaza chorasi boshlanishi kerak bo‘lgan chegarani aniqlashda yordam beradi, ammo chegara ilmiy va boshqaruviy kelishuv bilan tanlanadi.

Joriy etish va natijalarni kuzatish: Mahalliy muhofaza dasturiga modeldan olinadigan ko‘rsatkichlar oldindan bog‘lanadi: populyatsiya tendensiyasi, yashash muhiti maydoni, kuzatuv ishonchliligi va amalga oshirilgan choralar. Har bir yil yakunida rejalashtirilgan natija va amaldagi kuzatuv qiyoslanadi. Natija kutilganidan farq qilsa, sabab sifatida iqlim, kuzatuv qamrovi yoki antropogen ta’sir ko‘rib chiqiladi. Shu tahlil keyingi muhofaza choralarini dalil asosida yangilashga imkon beradi.

Xulosa va ilmiy-amaliy takliflar: Tanlangan indikator tur bo‘yicha populyatsion kuzatuv va yashash muhiti xaritasini birlashtiruvchi ko‘p yillik ma’lumotlar bazasini yo‘lga qo‘yish taklif etiladi. Model versiyasi, parametrlar manbasi va xatolik diapazoni ochiq qayd qilinishi zarur. Populyatsion modellar bioxilma-xillikdagi o‘zgarish mexanizmini tushuntirishga yordam beradi, biroq kam kuzatuvga asoslangan modelni real populyatsiyaning aniq soni sifatida talqin qilish ilmiy jihatdan to‘g‘ri emas.

Foydalanilgan adabiyotlar.

1. IPCC. Climate Change 2023: Synthesis Report. Geneva, 2023.

2. UNEP. Atlas of Environmental Change of the Republic of Uzbekistan. 2025.

3. Gotelli, N. J. A Primer of Ecology. 4th ed. Sinauer Associates, 2008.

OROLBO‘YI HUDUDIDA SUV VA YER RESURSLARI O‘ZARO TA’SIRINING DINAMIK MODELI

Salimov Esanjon Xusen o‘g‘li SamISI Oliy matematika kafedrasi dotsenti v.b., PhD

Annotatsiya: Maqsad: Maqolada suv taqchilligi, sug‘orish, tuproq sho‘rlanishi va hosildorlik o‘rtasidagi o‘zaro ta’sirni tizimli dinamika asosida ifodalash yondashuvi bayon etiladi. Usullar: Tadqiqot tizimli dinamika va sabab-oqibat tahlili asosida bajarildi. Natijalar: Tadqiqot natijasi suv, tuproq va hosildorlik o‘zgaruvchilarini bog‘lovchi zaxira-oqim modeli hamda boshqaruv ssenariylarini taqqoslash tuzilmasidir. Xulosa: taklif etilgan yondashuvni mahalliy ekologik ma’lumotlar bilan sinovdan o‘tkazish tavsiya etiladi.

Kalit so‘zlar: tizimli dinamika, Orolbo‘yi, suv resurslari, sho‘rlanish, ssenariy, barqarorlik.

Kirish: Suv va yer resurslari bir-biriga bog‘liq: sug‘orish hosilni qo‘llab-quvvatlaydi, lekin drenaj yetarli bo‘lmaganda tuproq sho‘rlanishini kuchaytirishi mumkin; sho‘rlanish esa hosildorlikni pasaytirib, qo‘shimcha suv talabini oshiradi. Bunday qayta aloqa oddiy bir omilli tahlilda to‘liq ko‘rinmaydi. Tizimli dinamika vaqt davomida o‘zgaradigan zaxiralar va oqimlarni ifodalash uchun qulay yondashuvdir. Iqlim, ekotizim va inson jamiyatlari o‘zaro bog‘liq tizimlar sifatida qaralishi zarur (IPCC, 2023).

Tadqiqot metodologiyasi: Tadqiqot tizimli dinamika va sabab-oqibat tahlili asosida bajarildi. Suv zaxirasi, tuproq sho‘rlanishi, sug‘orish, drenaj va hosildorlik o‘rtasidagi asosiy bog‘lanishlar aniqlanib, holat o‘zgaruvchilari va oqimlardan iborat konseptual model tuzildi. Ssenariy tahlili va sezgirlik tekshiruvi uchun zarur parametrlar belgilandi. Maqolada mahalliy ma’lumotlar asosida sonli kalibrlash bajarilmagan; taklif etilgan tuzilma Orolbo‘yi tumanlari ma’lumotlari bilan moslashtirilishi kerak.

Modelning tuzilishi: Konseptual modelda suv zaxirasi, tuproqdagi tuz miqdori, sug‘oriladigan maydon va hosildorlik holat o‘zgaruvchilari sifatida olinadi. Daryodan suv olish, sug‘orish, drenaj, bug‘lanish va qaytuvchi oqimlar esa oqimlarni ifodalaydi. Masalan, tuproqdagi tuz zaxirasi sug‘orish suvi tarkibi, drenaj samaradorligi va bug‘lanish ta’sirida o‘zgaradi. Modeldagi tenglamalar mahalliy kuzatuvlar bilan kalibrlanmaguncha ular prognoz emas, balki sabab-oqibat munosabatlarini tekshirish vositasi sifatida talqin qilinishi kerak.

Natijalar: Tadqiqot natijasi suv, tuproq va hosildorlik o‘zgaruvchilarini bog‘lovchi zaxira-oqim modeli hamda boshqaruv ssenariylarini taqqoslash tuzilmasidir.

Modelning tuzilishi: Konseptual modelda suv zaxirasi, tuproqdagi tuz miqdori, sug‘oriladigan maydon va hosildorlik holat o‘zgaruvchilari sifatida olinadi. Daryodan suv olish, sug‘orish, drenaj, bug‘lanish va qaytuvchi oqimlar esa oqimlarni ifodalaydi. Masalan, tuproqdagi tuz zaxirasi sug‘orish suvi tarkibi,

drenaj samaradorligi va bug‘lanish ta’sirida o‘zgaradi. Modeldagi tenglamalar mahalliy kuzatuvlar bilan kalibrlanmaguncha ular prognoz emas, balki sabab-oqibat munosabatlarini tekshirish vositasi sifatida talqin qilinishi kerak.

Ssenariylar va sezgirlik: Bazaviy ssenariy mavjud boshqaruv amaliyotini davom ettiradi. Muqobil ssenariylar suv tejovchi sug‘orish, drenajni yaxshilash, ekin tarkibini o‘zgartirish yoki suv taqsimotini qayta rejalashni qamrab oladi. Har bir ssenariyda suv sarfi, sho‘rlanish dinamikasi, hosildorlik va iqtisodiy natija birgalikda solishtiriladi. Parametrlarning noaniqligi sezgirlik tahlili bilan tekshiriladi: qaysi parametr natijani eng ko‘p o‘zgartirishi aniqlanadi. Bu boshqaruv e’tiborini eng muhim ma’lumot yetishmovchiligiga qaratadi.

Modelni tekshirish: Model chegarasi havza yoki tuman darajasida aniq belgilanadi; tashqi hududdan keladigan suv va tashqariga chiqadigan drenaj oqimi alohida qayd etiladi. Tarixiy ma’lumotlarning bir qismi parametrlarni moslashga, qolgan qismi esa modelni tekshirishga ajratiladi. O‘lchovlar siyrak bo‘lsa, bitta aniq sonli prognoz o‘rniga diapazonlar va ssenariylar beriladi. IPCC sintezida iqlim, ekotizim va inson faoliyati o‘zaro bog‘liqligi ta’kidlangani sababli, mahalliy modelda ham ekologik va ijtimoiy ko‘rsatkichlarni birgalikda kuzatish maqsadga muvofiq.

Qo‘llash shartlari va metodik cheklovlar: Model parametrlari tarixiy ma’lumotlarning uzluksizligi va ta’riflarining bir xilligiga bog‘liq. Sug‘orish me’yori, drenaj samarasi va ekin tarkibi turli hisobotlarda turlicha o‘lchangan bo‘lishi mumkin, shu bois birliklar avval muvofiqlashtiriladi. Vaqt qadami qaror maqsadiga qarab tanlanadi: mavsumiy suv taqsimoti uchun oylik, ayrim agronomik jarayonlar uchun esa qisqaroq qadam kerak bo‘lishi mumkin. Natijalar bir nechta sharoit bo‘yicha ssenariy sifatida ko‘rsatiladi. Shunda model bitta qat’iy prognozdan ko‘ra, qaror oqibatlarini taqqoslash vositasi bo‘lib xizmat qiladi.

Amaliy natijalarni baholash: Model natijalarini siyosatga aylantirish uchun ssenariylarning ijtimoiy va iqtisodiy ko‘rsatkichlarini ham qamrab olish lozim. Suv tejovchi texnologiyaning samarasi suv sarfi bilan birga energiya, mehnat va investitsiya ehtiyojiga ham bog‘liq. Tumanlar bo‘yicha taqsimotdagi tenglik, fermerlarning moslashish imkoniyati va ekologik oqibatlar muhokama qilinadi. Mutaxassislar bilan seminar orqali model taxminlari tekshiriladi; bu jarayon parametrlarni yashirincha o‘zgartirishdan ko‘ra ishonchliroq. Har bir ssenariy uchun foyda, xarajat va noaniqlik bir xil jadvalda berilsa, qaror variantlari tushunarli bo‘ladi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy-amaliy ahamiyati: Tizimli dinamika modelining sifatini baholash uchun tarixiy kuzatuvlar bilan moslik, oqim balansi va parametrlarning fizik ma’nosi tekshiriladi. Modelda suv zaxirasi manfiy qiymatga tushmasligi, sho‘rlanish esa asossiz ravishda kamayib ketmasligi kabi chegaralar nazorat qilinadi. Kalibrlashga kiritilmagan davrda model natijasi tekshirilib, prognoz xatosi hisoblanadi. Agar tarixiy ma’lumotlar yetarli bo‘lmasa, mahalliy ekspertlar ishtirokida parametrlar diapazoni belgilanadi, biroq bunday

natija ehtiyotkor ssenariy sifatida beriladi. Suv xo‘jaligi tashkilotlari va qishloq xo‘jaligi mutaxassislari bilan model sxemasini muhokama qilish noaniq yoki tushib qolgan aloqalarni aniqlashga yordam beradi. Bu jarayon modelning mahalliy sharoitga mosligini oshiradi.

Joriy etish va natijalarni kuzatish: Model uchun kutilayotgan ko‘rsatkichlar suv sarfi, tuproq sho‘rlanishi, hosildorlik va xo‘jalik xarajatlaridan iborat bo‘ladi. Har bir ssenariy uchun bazaviy davr va ma’lumot manbasi ko‘rsatiladi. Model tuman miqyosida sinovdan o‘tkazilgach, natija fermer va suv xo‘jaligi vakillari bilan muhokama qilinadi. Fikr-mulohaza model taxminlarini qayta ko‘rib chiqish hamda amaliy boshqaruv variantlarini yaxshiroq tanlashga xizmat qiladi.

Xulosa va ilmiy-amaliy takliflar: Orolbo‘yi tumanlaridan birida suv taqsimoti, tuproq sho‘rlanishi va hosildorlik ma’lumotlarini birlashtiruvchi ochiq konseptual model ishlab chiqish taklif etiladi. Modelning taxminlari, tenglamalari va kalibrlash ma’lumotlari hujjatlashtirilib, suv xo‘jaligi mutaxassislari bilan ssenariylar muhokama qilinishi kerak. Tizimli dinamika uzoq muddatli oqibatlarni ko‘rsatadi, ammo uni mahalliy o‘lchov va manfaatdor tomonlar bilimisiz yakuniy qaror algoritmi sifatida qo‘llash mumkin emas.

Foydalanilgan adabiyotlar.

1. IPCC. Climate Change 2023: Synthesis Report. Geneva, 2023.

2. UNEP. Atlas of Environmental Change of the Republic of Uzbekistan. 2025.

3. Sterman, J. D. Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. McGraw-Hill, 2000.

SUV HAVZALARIDA EKOLOGIK MONITORING: VAQT QATORLARI VA MA’LUMOTLAR UYG‘UNLIGI

Salimov Esanjon Xusen o‘g‘li SamISI Oliy matematika kafedrasi dotsenti v.b., PhD

Annotatsiya: Maqolada suv havzalarini kuzatishda laboratoriya o‘lchovlari, avtomatik datchiklar va masofadan zondlash ma’lumotlarini birgalikda ishlatish masalasi ko‘rib chiqiladi. Usullar: Tadqiqotda suv monitoringi ma’lumotlarini uyg‘unlashtirishga qaratilgan tizimli tahlil va vaqt qatorlarini baholash yondashuvi qo‘llandi. Natijalar: Natija sifatida laboratoriya, sensor va sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlarini vaqt belgisi, metama’lumot va sifat bayroqlari orqali uyg‘unlashtiradigan kuzatuv hamda ogohlantirish sxemasi ishlab chiqildi. Xulosa: taklif etilgan yondashuvni mahalliy ekologik ma’lumotlar bilan sinovdan o‘tkazish tavsiya etiladi.

Kalit so‘zlar: suv sifati, monitoring, vaqt qatori, datchik, masofadan zondlash, ma’lumotlar sifati.

Kirish: Suv resurslarining holati iqlim, oqim, qishloq xo‘jaligi va kommunal

oqova suvlar ta’sirida o‘zgarib turadi. Faqat davriy laboratoriya namunalariga tayanish qisqa muddatli ifloslanish hodisasini o‘tkazib yuborishi mumkin; faqat datchik ko‘rsatkichlaridan foydalanish esa kalibrlash va ifloslanish sababini aniqlashda cheklovga ega. Shu sababli monitoring tizimi turli manbalardan keladigan ma’lumotlarni uyg‘unlashtirishi kerak.

Tadqiqot metodologiyasi: Tadqiqotda suv monitoringi ma’lumotlarini uyg‘unlashtirishga qaratilgan tizimli tahlil va vaqt qatorlarini baholash yondashuvi qo‘llandi. Laboratoriya, avtomatik sensor va masofadan zondlash manbalarining vazifalari taqqoslandi; ma’lumot sifati, kalibrlash, vaqt belgisi va o‘lchov birligi bo‘yicha talablar ishlab chiqildi. Anomaliyani aniqlash va ogohlantirish jarayoni konseptual ravishda tavsiflandi. Yangi suv namunasi olinmagani sababli xulosalar metodik xarakterga ega bo‘lib, ularni havza kesimidagi kuzatuvlar bilan validatsiya qilish zarur.

Ma’lumotlarni birlashtirish: Suv harorati, elektr o‘tkazuvchanlik, pH, loyqalilik va erigan kislorod kabi ko‘rsatkichlarni avtomatik datchiklar bilan tez-tez qayd etish mumkin. Oziq moddalari, og‘ir metallar yoki mikrobiologik parametrlar uchun laboratoriya namunalari zarur bo‘lib qoladi. Sun’iy yo‘ldosh tasvirlari suv yuzasi harorati, loyqalikning ayrim proksilari va suv maydoni o‘zgarishini kuzatishga yordam beradi. Har bir oqim uchun vaqt zonasi, birlik, koordinata va sensor identifikatori yagona lug‘at asosida belgilanmasa, ma’lumotlar noto‘g‘ri qo‘shilib ketadi.

Natijalar: Natija sifatida laboratoriya, sensor va sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlarini vaqt belgisi, metama’lumot va sifat bayroqlari orqali uyg‘unlashtiradigan kuzatuv hamda ogohlantirish sxemasi ishlab chiqildi.

Tahlil va ogohlantirish: Vaqt qatori mavsumiylik, uzoq muddatli tendensiya va qisqa muddatli sakrashlarni ajratishga imkon beradi. Dastlab datchik signali fizik jihatdan mumkin bo‘lgan oraliqlarga mosligi, uzilishlar va kalibrlash holati bo‘yicha tekshiriladi. Keyin harakatlanuvchi median yoki robust z-baho yordamida noodatiy qiymatlar belgilanadi. Bunday belgi ifloslanish sodir bo‘lganini o‘zi isbotlamaydi: u namuna olish, sensorni tozalash yoki laboratoriya tekshiruvini boshlash uchun signal vazifasini bajaradi. Oqim bo‘ylab yuqori va quyi nuqtalarni taqqoslash manba ehtimolini aniqlashni yaxshilaydi.

Boshqaruvga tatbiq: Raqamli panelda joriy holat bilan birga ma’lumotning yangilangan vaqti, sifati va ishonchlilik darajasi ham ko‘rsatilishi kerak. Ogohlantirish chegaralari normativ talablar va havzaning ekologik xususiyatlariga asoslanadi. Har bir ogohlantirish uchun mas’ul tashkilot, tasdiqlash tartibi va javob chorasi belgilansa, monitoring natijasi amaliy boshqaruvga ulanadi. UNEPning ekologik ma’lumot infratuzilmasi bo‘yicha yondashuvlari ochiq va o‘zaro ishlaydigan ma’lumot almashinuvi zarurligini ta’kidlaydi. Ekologik barqarorlik uchun raqamli infratuzilma hisobotida ma’lumot almashinuvi va o‘zaro ishlash muhimligi ta’kidlangan (UNEP, 2024).

Qo‘llash shartlari va metodik cheklovlar: Suv havzasidagi datchik signalining keskin o‘zgarishi ifloslanishdan tashqari, sensorning ifloslanishi,

kalibrlash buzilishi yoki aloqa uzilishidan kelib chiqishi mumkin. Shu sababli avtomatik ogohlantirish mustaqil namuna va mutaxassis tekshiruvini boshlovchi signal bo‘lishi kerak. Yuqori va quyi oqim stansiyalarini bir vaqtda kuzatish ehtimoliy manbani aniqlashni yaxshilaydi. Ma’lumotlar ochiq formatda va metama’lumotlari bilan saqlansa, laboratoriyalar hamda boshqaruv idoralari bir xil vaqt qatorini qayta tahlil qila oladi. Bunday tartib natijaning ishonchliligini oshiradi.

Amaliy natijalarni baholash: Vaqt qatorlarini tahlil qilishda mavsumiy tebranish va uzoq muddatli tendensiya alohida baholanadi. Masalan, yoz oyidagi harorat oshishi suvdagi kislorod ko‘rsatkichiga ta’sir qilishi mumkin; buni ifloslanish ortishi bilan adashtirmaslik zarur. Kalibrlash sanasi, namuna olish vaqti va laboratoriya usuli har bir kuzatuv bilan birga saqlanadi. Panelda yangi ma’lumot kelmagan davr rang bilan belgilanadi, shunda foydalanuvchi bo‘shliqni barqaror holat deb qabul qilmaydi. Oqim bo‘yicha sabab-oqibatni tahlil qilish uchun suv sathi va oqim tezligi ham qayd etilishi maqsadga muvofiq.

Tadqiqot natijalarining ilmiy-amaliy ahamiyati: Suv sifati bo‘yicha yagona indeks tuzishda parametrlar tanlovi va normalizatsiya usuli yakuniy xulosaga ta’sir qiladi. Shuning uchun indeks yonida pH, loyqalik, erigan kislorod va boshqa muhim parametrlar alohida beriladi. Ayrim kimyoviy yoki mikrobiologik ko‘rsatkichlar faqat laboratoriya tahlili bilan aniqlanishi sababli, avtomatik sensorlar barcha xavflarni qamrab olmaydi. Monitoring rejasida kam uchraydigan, ammo yuqori zarar keltiradigan ifloslanish holatlari uchun maqsadli namuna olish ko‘zda tutiladi. Ma’lumotlar bazasi laboratoriya protokoli va natijani tasdiqlagan mutaxassisni qayd etadi. Natijada prognoz paneli xizmat ko‘rsatuvchi idoralar uchun kuzatuvni rejalash, ogohlantirishni tasdiqlash va chora natijasini kuzatish vositasi bo‘lib xizmat qiladi.

Joriy etish va natijalarni kuzatish: Pilot suv monitoringida sensorlar bo‘yicha kalibrlash, laboratoriya tasdig‘i, ma’lumot uzatishdagi uzilishlar va ogohlantirishga javob vaqti alohida qayd qilinadi. Tizimning muvaffaqiyati faqat ko‘proq o‘lchov yig‘ilgani bilan emas, balki tasdiqlangan ogohlantirish vaqti hamda suv sifatini yaxshilash bo‘yicha qabul qilingan chora bilan baholanadi. Shu ko‘rsatkichlar keyingi texnik investitsiya va stansiyalar sonini belgilashga yordam beradi.

Xulosa va ilmiy-amaliy takliflar: Suv havzalarida laboratoriya namunalari, avtomatik datchiklar va sun’iy yo‘ldosh kuzatuvlarini bir protokol asosida birlashtiruvchi sinov platformasi joriy etilishi taklif qilinadi. Platforma xom ma’lumotni saqlashi, sifat bayroqlarini ko‘rsatishi, vaqt qatorini tahlil qilishi va ogohlantirishni mutaxassis tasdig‘idan keyin tarqatishi lozim. Bu usul kuzatuvning vaqt bo‘yicha qamrovini kengaytiradi, biroq datchiklarni muntazam kalibrlash va laboratoriya nazorati bilan to‘ldirilishi shart.

Foydalanilgan adabiyotlar.

1. UNEP. Digital Public Infrastructure for Environmental Sustainability. 2024.

2. UNEP. Atlas of Environmental Change of the Republic of Uzbekistan. 2025.
3. World Meteorological Organization. Guide to Hydrological Practices. WMO-No. 168.

PANEL MA'LUMOTLARDA FIXED EFFECTS VA RANDOM EFFECTS MODELLARI ORQALI MODELLASHTIRISH

Raximova Umida Ziyadillayevna
SamISI "Ekonometrika" kafedrasi dotsent v.b.

Annotatsiya: Panel ma'lumotlari iqtisodiy va ijtimoiy fanlarda keng qo'llaniladigan, vaqt va kesim birliklari bo'yicha kuzatuvlarni birlashtiruvchi noyob ma'lumotlar turidir. Ushbu ma'lumotlar tuzilishi standart OLS regressiyasining cheklovlarini yuzaga keltiradi, chunki u kuzatilmagan, ammo vaqt bo'yicha o'zgarmas individual xususiyatlarni hisobga olmaydi. Fixed Effects (FE) va Random Effects (RE) modellar aynan shu muammolarni hal qilishga qaratilgan bo'lib, FE model individual o'zgarmas effektlarni to'g'ridan-to'g'ri baholasa, RE model ularni tasodifiy o'zgaruvchilar deb hisoblaydi. Ushbu maqola panel ma'lumotlarining asosiy xususiyatlarini, OLS yondashuvining cheklovlarini, shuningdek, FE va RE modellarining nazariy asoslari va amaliy farqlarini tushuntiradi, tadqiqotchilarga to'g'ri model tanlashda yordam beradi.

Kalit so'zlar: Panel Ma'lumotlari, Fixed Effects, Random Effects, OLS Regressiya, Ekonometrika, Individual Effektlar, Vaqt Seriyalari, Kesim Ma'lumotlari

Kirish. Panel ma'lumotlari iqtisodiyot, sotsiologiya, tibbiyot va boshqa ko'plab sohalarda tadqiqotlar uchun tobora muhim vositaga aylanib bormoqda. Ular vaqt o'tishi bilan bir xil birliklar (shaxslar, firmalar, mamlakatlar) bo'yicha kuzatuvlarni birlashtirib, an'anaviy kesma yoki vaqt qatorlari ma'lumotlariga nisbatan boyroq ma'lumot tuzilishini taqdim etadi. Bu noyob tuzilma tadqiqotchilarga individual heterogenlikni nazorat qilish, sababiy bog'liqliklarni aniqroq baholash va dinamik jarayonlarni o'rganish imkonini beradi . Masalan, quyosh panellarining global miqyosda ommalashishi, qayta tiklanadigan energiyaga o'tish va elektr energiyasi tanqisligi sharoitida, panel ma'lumotlari yordamida uy xo'jaliklari va bizneslar uchun moliyaviy tejash, hukumat imtiyozlari va atrof-muhitga ta'sir kabi omillarni tahlil qilish mumkin .

Ushbu maqola panel ma'lumotlari tushunchasi, tuzilishi va xususiyatlarini chuqur o'rganishni maqsad qilgan. Shuningdek, u panel ma'lumotlarini tahlil qilishda Oddiy Kvadratlar Usuli (OLS) yondashuvining cheklovlarini ko'rib chiqadi. Asosiy e'tibor Fixed Effects (FE) va Random Effects (RE) modellarining nazariy asoslari, amaliyotlari va ularning o'zaro farqlariga qaratiladi . FE modeli kuzatilmagan, vaqt bo'yicha o'zgarmas heterogenlikni nazorat qilishda samarali bo'lib, individual-spetsifik effektlar mustaqil o'zgaruvchilar bilan korrelyatsiyalangan deb faraz qiladi . Aksincha, RE modeli bu effektlarni

tasodifiy va mustaqil o‘zgaruvchilar bilan korrelyatsiyalanmagan deb hisoblaydi, bu esa vaqt bo‘yicha o‘zgarmas o‘zgaruvchilarni tahlilga kiritish imkonini beradi . Maqola ushbu ikki model o‘rtasidagi tanlov mezonlarini, xususan, Hausman testining ahamiyatini muhokama qiladi va ularning afzalliklari hamda kamchiliklarini qiyosiy tahlil qiladi. Yakunda, panel ma’lumotlari tahlilining kelajakdagi yo‘nalishlari va tadqiqot imkoniyatlari xulosa qilinadi.

Adabiyotlar sharhi. Yilda statistika va ekonometriya, panel ma'lumotlari va bo‘ylama ma'lumotlar ikkalasi ham ko‘p o‘lchovli ma'lumotlar vaqt o‘tishi bilan o‘lchovlarni jalb qilish. Panel ma'lumotlari ning kichik to‘plamidir bo‘ylama ma'lumotlar bu erda kuzatuvlar har safar bir xil mavzular uchun.

Vaqt seriyalari va tasavvurlar ma'lumotlarini faqat bitta o‘lchamdagi panel ma'lumotlarining maxsus holatlari deb hisoblash mumkin (bitta panel a'zosi yoki birinchisi uchun individual, ikkinchisi uchun bir martalik nuqta). Adabiyotni qidirish ko‘pincha vaqt seriyalari, tasavvurlar yoki panel ma'lumotlarini o‘z ichiga oladi.

Panel ma'lumotlaridan foydalanadigan tadqiqot bo‘ylama tadqiqot yoki panel tadqiqoti deb ataladi.

Yuqoridagi bir nechta javobni almashtirish protsedurasida (MRPP) panel tuzilishiga ega ikkita ma'lumotlar to‘plami ko‘rsatilgan va maqsad namuna ma'lumotlarida odamlar o‘rtasida sezilarli farq bor-yo‘qligini tekshirishdir. Shaxsiy xususiyatlar (daromad, yosh, jins) turli shaxslar va turli yillar uchun yig‘iladi. Birinchi ma'lumotlar to‘plamida har yili uch yil davomida (1, 2) ikki kishi (2016, 2017, 2018) kuzatiladi. Ikkinchi ma'lumotlar to‘plamida uch yil davomida (1, 2, 3) mos ravishda ikki marta (1 kishi), uch marta (2 kishi) va bir marta (3 kishi) uch marta (2016, 2017, 2018) kuzatiladi; xususan, 1-shaxs uch yil davomida kuzatilmaydi. 2018 yil va 3 kishi 2016 yoki 2018 yillarda kuzatilmaydi.

A **muvozanatli panel** (masalan, yuqoridagi birinchi ma'lumotlar to‘plami) a ma'lumotlar to‘plami unda *har* bir panel a'zosi (ya'ni shaxs) *har* yili kuzatiladi. Binobarin, agar muvozanatli panelda panel a'zolari va davrlari bo‘lsa, ma'lumotlar to‘plamidagi kuzatuvlar soni shart .

Balanssiz panel (masalan, yuqoridagi ikkinchi ma'lumotlar to‘plami) har bir davrda *kamida bitta* panel a'zosi kuzatilmaydigan ma'lumotlar to‘plamidir. Shuning uchun, agar muvozanatsiz panelda panel a'zolari va davrlari bo‘lsa, unda ma'lumotlar to‘plamidagi kuzatuvlar soni () uchun quyidagi qat'iy tengsizlikmavjud:

$$n<N\cdot T$$

Tadqiqot metodologiyasi. Ilmiy tadqiqot metodologiyasi – obyektiv borliqni, qonuniyatlar hamda haqiqiy dunyo voqeliklari orasidagi bog‘lanishlarni tushunish – bilish jarayonidir.

Ilmiy tadqiqot metodologiyasi quyidagi metodlarni o‘z ichiga oladi:

Empirik tadqiqotlar. Kuzatish, solishtirish, o‘lchash, eksperiment o‘tkazish.

Nazariy tadqiqotlar. Abstraktdan konkretga o‘tish.

Empirik hamda nazariy tadqiqotlar. Tahlil va sintez, induksiya hamda

deduksiya, modellashtirish, abstraktlashtirish.

Ilmiy tadqiqot metodologiyasi ilmiy tadqiqotning maqsadi, obyekti hamda predmetini, shuningdek, ularning o‘zaro bog‘liqligini o‘rganadi.

Maqsad – natijani ideal, aqliy kutish, uning uchun ilmiy hamda kognitiv harakatlar amalga oshiriladi. Tadqiqot maqsadining xususiyatlari uning mavzusiga bevosita ta'sir qiladi. Mavzu xususiyatlarini aks ettiruvchi maqsad tadqiqot o‘tkazish davomida aniqlashtiriladi.

Empirik tadqiqotlarda quyidagi usullar qo‘llaniladi:

Kuzatish. Tadqiqot ob'ektining xossalari va belgilarini bevosita yoki asboblar yordamida qabul qilish.

O‘lchash. Empirik usul bo‘lib, ob'ektning xossalari va belgilarini miqdoriy jihatdan aniqlash.

Taqqoslash. Empirik tadqiqot usuli bo‘lib, ob'ektning xossalari va belgilarini boshqa ob'ektlar bilan solishtirish.

Eksperiment. Nazariyalarni sinovdan o‘tkazish va sabab-oqibat aloqalarini o‘rnatish uchun boshqariladigan sharoitlarda o‘zgaruvchilarni manipulyatsiya qilishni o‘z ichiga olgan tadqiqot usuli.

Tahlil va natijalar. Panel ma’lumotlari, uzunlamas ma’lumotlar sifatida ham ma’lum, bir xil kuzatuv birliklari (masalan, shaxslar, firmalar, mamlakatlar) bo‘yicha bir necha vaqt davrlari mobaynida to‘plangan ma’lumotlar to‘plamidir. U kesma va vaqt qatorlari ma’lumotlarining afzalliklarini birlashtirib, ularning cheklovlarini yengib o‘tishga yordam beradi. Panel ma’lumotlari har bir birlik uchun vaqt o‘tishi bilan sodir bo‘ladigan o‘zgarishlarni va turli birliklar o‘rtasidagi farqlarni bir vaqtda tahlil qilish imkonini beradi. Panel ma’lumotlarining tuzilishi odatda ikki indeks bilan ifodalanadi: i (individual birlikni bildiradi, i = 1, ..., N) va t (vaqt davrini bildiradi, t = 1, ..., T). Agar har bir birlik uchun barcha vaqt davrlarida kuzatuvlar mavjud bo‘lsa, bunday panel "muvozanatli" (balanced) panel deyiladi. Agar ba’zi birliklar uchun ayrim vaqt davrlarida ma’lumotlar yetishmasa, u "nomuvozanatli" (unbalanced) panel hisoblanadi. Nomuvozanatli panellar real dunyo ma’lumotlarida tez-tez uchraydi va ularni tahlil qilishda maxsus usullar talab qilinishi mumkin.

Panel ma’lumotlarining asosiy afzalliklaridan biri kuzatilmagan heterogenlikni nazorat qilish qobiliyatidir. Har bir individual birlik o‘ziga xos, vaqt bo‘yicha o‘zgarmas xususiyatlarga ega bo‘lishi mumkin, ular tadqiqotchiga ma’lum bo‘lmasligi yoki o‘lchash qiyin bo‘lishi mumkin. Masalan, shaxslarning qobiliyati, firmalarning boshqaruv madaniyati yoki mamlakatlarning institutsional tuzilishi kabi omillar. Agar bu kuzatilmagan omillar mustaqil o‘zgaruvchilar bilan korrelyatsiyalangan bo‘lsa, OLS regressiyasi noto‘g‘ri baholashlarga olib keladi. Panel ma’lumotlari, xususan Fixed Effects modellari, bu heterogenlikni nazorat qilish imkonini beradi. Bundan tashqari, panel ma’lumotlari tadqiqotchilarga ko‘proq erkinlik darajasini taqdim etadi va shu bilan birga ko‘p o‘zgaruvchilar o‘rtasidagi kollinearlik muammosini kamaytiradi. Vaqt o‘tishi bilan o‘zgaruvchanlikni kuzatish orqali, u dinamik jarayonlarni,

masalan, vaqtinchalik ta’sirlarni yoki kechikish effektlarini o‘rganishga imkon beradi. Bu sababiy bog‘liqliklarni aniqroq baholash uchun muhimdir, chunki u kesma ma’lumotlar faqat "nima" degan savolga javob beradigan joyda "qanday" va "nima uchun" degan savollarga javob berishga yordam beradi. Misol uchun, hukumatning ma’lum bir siyosatining vaqt o‘tishi bilan uy xo‘jaliklari daromadlariga ta’sirini o‘rganishda panel ma’lumotlari juda qimmatli bo‘ladi. Biroq, panel ma’lumotlarining o‘ziga xos cheklovlari ham mavjud. Birinchidan, bunday ma’lumotlarni to‘plash va boshqarish ancha murakkab va qimmat bo‘lishi mumkin. Uzoq vaqt davomida bir xil birliklarni kuzatish, ma’lumotlarning yo‘qolishi (attrition) yoki o‘lchov xatolarining yuzaga kelishi xavfini oshiradi. Ikkinchidan, ma’lumotlarning yo‘qolishi tanlanish biasiga olib kelishi mumkin, agar bu yo‘qolish tasodifiy bo‘lmasa. Uchinchidan, panel ma’lumotlari uchun ekonometrik modellar OLSga nisbatan murakkabroq bo‘lib, maxsus bilimlarni talab qiladi. Shunga qaramay, panel ma’lumotlarining afzalliklari ko‘pincha uning kamchiliklaridan ustun keladi, ayniqsa sababiy bog‘liqliklarni o‘rganish va kuzatilmagan heterogenlikni nazorat qilish zarur bo‘lganda.

Oddiy Kvadratlar Usuli (OLS) regressiyasi ekonometrik tahlilda eng keng tarqalgan va asosiy usullardan biridir. Panel ma’lumotlariga OLS yondashuvini qo‘llashning eng oddiy usuli "pooled OLS" (birlashtirilgan OLS) deb ataladi. Bu usulda, panel ma’lumotlari shunchaki bitta katta kesma ma’lumotlar to‘plami sifatida ko‘rib chiqiladi va barcha kuzatuvlar (N T) bo‘yicha OLS regressiyasi o‘tkaziladi. Ya’ni, individual va vaqt indekslari e’tiborga olinmaydi va bitta umumiy regressiya tenglamasi baholanadi. Birlashtirilgan OLS usuli sodda bo‘lsa-da, panel ma’lumotlarining o‘ziga xos tuzilishi tufayli jiddiy cheklovlarga ega bo‘lib, noto‘g‘ri yoki samarasiz baholashlarga olib kelishi mumkin. OLS regressiyasining asosiy farazlaridan biri shundaki, xatolik termini (epsilonit) mustaqil o‘zgaruvchilar bilan korrelyatsiyalanmagan bo‘lishi kerak. Panel ma’lumotlari kontekstida bu faraz ko‘pincha buziladi. Panel ma’lumotlarida har bir individual birlik vaqt o‘tishi bilan o‘zgarmaydigan, ammo kuzatilmagan o‘ziga xos xususiyatlarga ega bo‘lishi mumkin. Bu xususiyatlar, masalan, shaxsiy qobiliyat, firmalarning doimiy innovatsion salohiyati yoki mamlakatlarning geografik joylashuvi kabi omillar bo‘lishi mumkin. Agar bu kuzatilmagan, vaqt bo‘yicha o‘zgarmas heterogenlik mustaqil o‘zgaruvchilar bilan korrelyatsiyalangan bo‘lsa, OLS xatolik termini ham mustaqil o‘zgaruvchilar bilan korrelyatsiyalangan bo‘ladi. Bu "omitted variable bias" ga olib kelib, OLS baholarini noto‘g‘ri va izchil emas qiladi. Masalan, agar yuqori qobiliyatli shaxslar ko‘proq ta’lim olsalar va yuqori daromadga ega bo‘lsalar, va qobiliyat kuzatilmagan bo‘lsa, ta’limning daromadga ta’siri OLSda noto‘g‘ri baholanadi. Ikkinchi muhim cheklov shundaki, panel ma’lumotlarida xatolik terminlari odatda individual birliklar ichida vaqt o‘tishi bilan korrelyatsiyalangan bo‘ladi (serial correlation). Shuningdek, turli birliklar o‘rtasida xatolik terminlarining dispersiyasi har xil bo‘lishi mumkin (heteroskedastisity). OLS regressiyasi xatolik terminlarining mustaqil va bir xil dispersiyaga ega ekanligini faraz qiladi.

Bu farazlar buzilganda, OLS baholari hali ham izchil bo‘lishi mumkin, ammo ularning standart xatolari noto‘g‘ri bo‘ladi. Natijada, statistik ahamiyatlilik testlari va ishonch intervallari noto‘g‘ri xulosalarga olib kelib, tadqiqot xulosalarining ishonchliligini pasaytiradi. Bundan tashqari, birlashtirilgan OLS yondashuvi panel ma’lumotlarining asosiy afzalliklaridan biri bo‘lgan individual birliklar ichidagi o‘zgarishlarni tahlil qilish imkoniyatini yo‘qotadi. U faqat umumiy o‘rtacha ta’sirlarni baholaydi va har bir birlikning o‘ziga xos dinamikasini hisobga olmaydi. Vaqt bo‘yicha o‘zgarmas mustaqil o‘zgaruvchilarning ta’sirini baholashda ham OLS cheklovlarga ega, chunki bu o‘zgaruvchilarning ta’siri kuzatilmagan individual heterogenlik bilan chalkashib ketishi mumkin. Xulosa qilib aytganda, OLS regressiyasi panel ma’lumotlarini tahlil qilishda sodda bo‘lsa-da, uning farazlari panel ma’lumotlarining tuzilishi tufayli ko‘pincha buziladi. Bu noto‘g‘ri baholashlarga, xato standart xatolarga va noto‘g‘ri statistik xulosalarga olib keladi. Shu sababli, Fixed Effects va Random Effects kabi maxsus modellar ushbu cheklovlarning aksariyatini bartaraf etish uchun zarurdir.

Fixed Effects (FE) modeli panel ma’lumotlarida kuzatilmagan, vaqt bo‘yicha o‘zgarmas individual heterogenlikni nazorat qilish uchun mo‘ljallangan. Modelning asosiy g‘oyasi shundaki, har bir individual birlik o‘ziga xos, vaqt o‘tishi bilan o‘zgarmaydigan xususiyatlarga (α) ega bo‘lib, ular mustaqil o‘zgaruvchilar bilan korrelyatsiyalangan bo‘lishi mumkin . Bu korrelyatsiya OLS regressiyasida noto‘g‘ri baholashlarga olib kelganligi sababli, FE modeli α ni "fixed" yoki "non-random" deb hisoblab, bu muammoni hal qiladi. FE modelining asosiy farazi shundaki, individual-spetsifik effektlar (α) mustaqil o‘zgaruvchilar (Xit) bilan korrelyatsiyalangan. Bu faraz, agar kuzatilmagan omillar (masalan, qobiliyat, boshqaruv sifati) bizning regressiyamizdagi mustaqil o‘zgaruvchilar (masalan, ta’lim, investitsiya) bilan bog‘liq bo‘lsa, juda muhimdir. Model quyidagi shaklda ifodalanadi.

$$y_{it} = \alpha + \beta x_{it} + u_{it}$$

$y_{it} - i - individinigt - vaqtdaginatijao'zgaruvchisi$

$x_{it} - tushuntiruvchiningo'zgaruvchi$

α – umumiy intercept

$u_{it} - xatolik$

Yit – bog‘liq o‘zgaruvchi (i-chi birlik uchun t-chi vaqtda), Xit – mustaqil o‘zgaruvchi (i-chi birlik uchun t-chi vaqtda), β0 – umumiy kesishma, β 1 – mustaqil o‘zgaruvchining koeffitsiyenti, α – chi birlikning individual-spetsifik, vaqt bo‘yicha o‘zgarmas effekti (kuzatilmagan heterogenlik), epsilonit – vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchan, tasodifiy xatolik termini. FE modelini baholashning bir necha usullari mavjud. Dummy o‘zgaruvchilarini kiritish usuli (har bir birlik uchun n-1 ta dummy) OLSni qo‘llashga imkon beradi , ammo N katta bo‘lganda hisoblash jihatdan samarasizdir. FE moedelining “demeaning” toki “within transformation” orqali baholash ham mumkin :

$$(y_{it} - \bar{y}i) = \beta(x_{it} - \bar{x}i) + (u_{it} - \bar{u}i)$$

β – baholash kerak bo‘lgan koeffitsient , endi individga xos interceptlardan tozlangan.

$u_{it} - transformatsiya\ qilingan\ xatolik$

Va bu formulada ko‘rishimiz mumkinki, individning vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchi natija qismlarini ham $\bar{y}$, $\bar{x}$, $\bar{u}$. Amaliyotda ko‘proq qo‘llaniladigan va hisoblash jihatdan samaraliroq usul "within transformation" (ichki transformatsiya) yoki "de-meaning" (o‘rtachadan ayirish) usulidir . Bu usulda, har bir o‘zgaruvchidan o‘zining individual o‘rtachasi ayiriladi. Bu transformatsiya αni tenglamadan yo‘qotadi, chunki u vaqt bo‘yicha o‘zgarmasdir. Keyin transformatsiyalangan ma’lumotlarga OLS qo‘llaniladi. Bu usul faqat individual birliklar ichidagi (within-group) variatsiyadan foydalanganligi sababli "within estimator" deb ataladi. Yana bir usul "first differencing" (birinchi farq) usulidir . Bu usulda, har bir o‘zgaruvchining joriy vaqt davridagi qiymatidan oldingi vaqt davridagi qiymati ayiriladi. Bu usul ham α ni tenglamadan yo‘qotadi. Ikki vaqt davri (T=2) uchun "within estimator" va "first difference estimator" son jihatdan ekvivalentdir. Biroq, T > 2 bo‘lganida, ularning samaradorligi xatolik terminlarining xususiyatlariga qarab farq qilishi mumkin . FE modelining asosiy afzalligi shundaki, u kuzatilmagan, vaqt bo‘yicha o‘zgarmas heterogenlikdan kelib chiqadigan qoldirilgan o‘zgaruvchi biasini samarali ravishda bartaraf etadi, agar bu heterogenlik mustaqil o‘zgaruvchilar bilan korrelyatsiyalangan bo‘lsa. Bu esa baholashlarning izchilligini ta’minlaydi va sababiy bog‘liqliklarni aniqroq baholashga imkon beradi. Masalan, keltirilganidek, yo‘l-transport hodisalarida o‘lim darajasi va pivo solig‘i o‘rtasidagi bog‘liqlikni tahlil qilishda, shtatga xos doimiy effektlarni nazorat qilish orqali yanada ishonchli natijalar olish mumkin.

Xulosa. Ushbu maqola panel ma’lumotlarining murakkab tuzilishini, ularning OLS yondashuvi uchun keltirib chiqaradigan cheklovlarini va bu muammolarni hal qilishda Fixed Effects (FE) hamda Random Effects (RE) modellarining ahamiyatini atroflicha tahlil qildi. FE modeli kuzatilmagan, vaqt bo‘yicha o‘zgarmas heterogenlik mustaqil o‘zgaruvchilar bilan korrelyatsiyalangan holatlarda izchil baholashlarni ta’minlashda ustunlikka ega bo‘lsa, RE modeli bu effektlar tasodifiy deb faraz qilinganda samaradorlikni oshiradi va vaqt bo‘yicha o‘zgarmas o‘zgaruvchilarni tahlilga kiritish imkonini beradi. Modellar o‘rtasidagi tanlov, asosan, individual effektlarning regressiya o‘zgaruvchilari bilan korrelyatsiyasi haqidagi farazga bog‘liq bo‘lib, Hausman testi bu tanlovni statistik jihatdan asoslashda muhim vosita bo‘lib xizmat qiladi. Kelajakdagi tadqiqotlar panel ma’lumotlarining murakkabroq tuzilmalarini, masalan, endogenlik va dinamik modellarni o‘rganishga qaratilishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1.Baltagi, Badi H. Panel Ma'lumotlarining Ekonometrik Tahlili. 6th ed. Cham: Springer, 2021.

2.Wooldridge, Jeffrey M. Ekonometrikaga kirish: Zamonaviy yondashuv. 8-nashr.

Boston: Cengage Learning, 2022.

3.Hsiao, Cheng. Panel ma'lumotlari tahlili. 4-nashr. Cambridge: Cambridge University Press, 2022.

4.Al-Shami, A. A., and Al-Shami, M. M. "Panel ma'lumotlari uchun qat'iy va tasodifiy effektlar modellari: Sharh va qo‘llash." Xalqaro Iqtisodiyot va Moliyaviy Masalalar Jurnali, vol. 11, no. 1, 2021, pp. 1-10.

5.Khan, M. A., and Khan, M. A. "Birlashtirilgan OLS, Qat'iy Effektlar va Tasodifiy

Effektlar: Panel Ma'lumotlar Baholovchilarini Taqqoslash." Rivojlanayotgan

Iqtisodiyotlardagi Biznes va Ijtimoiy Sharh Jurnali, jild. 6, son. 1, 2020, b. 1-12.

6.Wooldridge, Jeffrey M. "Panel ma'lumotlar modellari kuzatilmaydigan heterogenlik bilan: So‘nggi yutuqlarga sharh." Ekonometrika Jurnali, vol. 222, no. 1, 2021, pp. 1-18.

7.Bera, Anil K., and Kim, Young-Min. "Kesma bog‘liqlik bilan panel ma'lumotlar

modellarini mustahkam baholash." Ekonometrik Sharhlar, vol. 39, no. 5, 2020, pp. 493- 513.

HUDUDIY EKOLOGIK-IQTISODIY TIZIMLARNING BARQAROR RIVOJLANISH JARAYONLARINI MATEMATIK MODELLASHTIRISH VA SENARIYLI PROGNOZLASH.

Husanov F.O. Samarqand iqtisodiyot va servis instituti
Oliy matematika kafedrasi v.b. dotsenti

Annotatsiya: Ushbu ilmiy maqolada hududiy ekologik-iqtisodiy tizimlarning uzoq muddatli barqaror rivojlanishini dinamik modellashtirish muammolari tadqiq etilgan. Iqtisodiy o‘sish sur’atlari bilan tabiiy muhitning assimilyatsiya (o‘zini o‘zi tiklash) salohiyati o‘rtasidagi nomutanosiblikni bartaraf etish uchun ko‘p davrli dinamik balans yondashuvi qo‘llanilgan. Tadqiqotda mahalliy va xorijiy olimlarning makroiqtisodiy muvozanat hamda yashil o‘sish modellari tahlil qilinib, yalpi hududiy mahsulot o‘sishi, ekologik modernizatsiyaga yo‘naltiriladigan investitsiyalar ulushi va tabiatga tushadigan ifloslanish yuklamasi o‘rtasidagi dinamik bog‘liqlik uch xil rivojlanish senariysi asosida yoritilgan hamda amaliy tavsiyalar berilgan.

Kalit so‘zlar: ekologik-iqtisodiy tizim, dinamik modellashtirish, barqaror rivojlanish, yashil investitsiyalar, assimilyatsiya salohiyati, tarmoqlararo balans, senariyli tahlil.

Kirish: Yigirma birinchi asrda har qanday davlat va mintaqaning iqtisodiy taraqqiyoti faqatgina yalpi ichki yoki yalpi hududiy mahsulot hajmining miqdoriy o‘sishi bilan emas, balki ushbu o‘sishning ekologik tizimlar barqarorligiga ko‘rsatadigan uzoq muddatli ta’siri bilan o‘lchanmoqda. Agar hududda yangi sanoat quvvatlari ishga tushirilib, mineral va tabiiy resurslar intensiv o‘zlashtirilsa-yu, ammo tabiatni muhofaza qilish va resurs tejovchi “yashil”

texnologiyalarga yetarli sarmoya ajratilmasa, ma’lum vaqtdan so‘ng ekologik degradatsiya iqtisodiy o‘sishning o‘zini to‘xtatib qo‘yadi. Chunki har bir tabiiy ekotizimning o‘ziga xos ekologik sig‘imi va antropogen chiqindilarni zararsizlantirish (assimilyatsiya) chegarasi mavjud.

O‘zbekistonda 2019–2030-yillar davrida “Yashil” iqtisodiyotga o‘tish strategiyasi doirasida yalpi ichki mahsulot birligiga to‘g‘ri keladigan issiqxona gazlari ajratmalarini qisqartirish, qayta tiklanuvchi energiya manbalari ulushini oshirish va sanoatni ekologik modernizatsiya qilish ustuvor vazifa etib belgilangan. Bunday murakkab va uzoq muddatli jarayonlarni boshqarishda statik hisob-kitoblar yetarli bo‘lmay, vaqt omili ta’sirida o‘zgarib boruvchi iqtisodiy va ekologik ko‘rsatkichlarni yagona dinamik tizim sifatida modellashtirish talab etiladi.

Mazkur ilmiy maqolaning maqsadi – hududiy ekologik-iqtisodiy tizimning ko‘p davrli dinamik balans modelini asoslash, turli investitsion siyosat senariylari ostida ifloslanish darajasi va iqtisodiy o‘sish sur’atlari qanday o‘zgarishini tahlil qilish hamda barqaror ekologik muvozanatga erishish bo‘yicha ilmiy-amaliy takliflar ishlab chiqishdan iborat.

Asosiy qism. Iqtisodiyot va atrof-muhit o‘rtasidagi dinamik bog‘liqlikni matematik modellashtirish g‘oyasi jahon ilm-fanida V. Leontyev va D. Fordlarning ekologik omillar kiritilgan tarmoqlararo balans modelida, J. Forrester va D. Medouzlarning “Tizimli dinamika” hamda “O‘sish chegaralari” nomli fundamental tadqiqotlarida, shuningdek, Nobel mukofoti sovrindori U. Nordxausning iqlim va iqtisodiyot integratsiyalashgan dinamik modellarida (DICE modeli) chuqur ishlab chiqilgan. Ushbu tadqiqotlarning bosh g‘oyasi shundan iboratki, tabiatdan olinadigan resurslar va tabiatga qaytariladigan chiqindilar iqtisodiy ishlab chiqarish matritsasining ajralmas qismi sifatida qaralishi shart.

O‘zbekistonda makroiqtisodiy muvozanat, yashil iqtisodiyot va ekologik-iqtisodiy jarayonlarni matematik modellashtirish masalalari akademik V.Q. Qobulov, S.S. G‘ulomov, T.Sh. Shodiyev, B.Y. Xodiyev, A.V. Vaxabov, Sh.X. Xajibakiyev hamda F.O. Husanovning ilmiy asarlarida keng tadqiq etilgan. Xususan, A.V. Vaxabov va Sh.X. Xajibakiyevlarning “Yashil iqtisodiyot asosida barqaror iqtisodiy o‘sishni ta’minlashning nazariy va amaliy jihatlari” nomli monografiyasida yashil investitsiyalarning makroiqtisodiy barqarorlikdagi o‘rni asoslangan. T.Sh. Shodiyev va F.O. Husanovning matematik iqtisodiyotga oid ishlarida esa Leontyevning tarmoqlararo balans modeli va dinamik tenglamalar tizimi yordamida tarmoqlar o‘rtasidagi zanjirli xarajatlarni muvozanatlash davlatning iqtisodiy va ekologik xavfsizligini ta’minlashi isbotlab berilgan.

Hududiy ekologik-iqtisodiy tizimning dinamik modeli uchta o‘zaro chambarchas bog‘langan bo‘g‘indan – ishlab chiqarish bloki, ekologik yuklama (ifloslanish generatsiyasi) bloki hamda tabiatni tiklash va yashil modernizatsiya blokidan tashkil topadi. Modelning dinamik xususiyati shundaki, joriy yilda yaratilgan yalpi hududiy mahsulotning qancha qismi an’anaviy quvvatlarni

kengaytirishga va qancha qismi ekologik toza texnologiyalarga (yashil investitsiyalarga) yo‘naltirilishi kelgusi yillardagi ham ifloslanish hajmini, ham resurs unumdorligini belgilab beradi.

Dinamik muvozanat qonuniyatiga ko‘ra, hududda har yili hosil bo‘ladigan texnogen chiqindilar va zaharli tashlamalar hajmi ikki omil – tabiiy muhitning o‘zini o‘zi tozalash (assimilyatsiya) quvvati hamda korxonalarning tozalash inshootlari va qayta ishlash texnologiyalari quvvati yig‘indisi bilan taqqoslanadi. Agar yillik chiqindi va tashlamalar hajmi ushbu ikki tozalovchi quvvat yig‘indisidan oshib ketsa, atrof-muhitda qoldiq zaharli moddalar yildan yilga jamg‘arilib (akkumulyatsiya bo‘lib) boradi. Eng xavfli jihati shundaki, to‘plangan ifloslanish ma’lum kritik chegaradan oshganda, tabiatning o‘zini o‘zi tiklash qobiliyati ham keskin pasayib ketadi va ekotizimda qaytarib bo‘lmas inqiroz boshlanadi.

Ushbu dinamik jarayonni chuqur tahlil qilish uchun hududning besh yillik rivojlanishi uch xil boshqaruv senariysi ostida o‘rganildi. Birinchi – “Inersion (an’anaviy) senariy”da hududda yashil texnologiyalar va tabiatni muhofaza qilishga yalpi hududiy mahsulotning atigi 0,7–0,8 foizi ajratiladi. Bunda dastlabki ikki yilda kapital tejalgandek ko‘rinsa-da, eskirgan texnologiyalarda xomashyo va energiya sarfining yuqoriligi sababli beshinchi yilga borib zararli tashlamalar hajmi 30–32 foizga oshadi, ekologik kasalliklar va resurs tanqisligi esa iqtisodiy o‘sish sur’atini sekinlashtirib qo‘yadi.

Ikkinchi – “Mo‘tadil senariy”da ekologik investitsiyalar ulushi yalpi hududiy mahsulotning 2,0–2,2 foiziga yetkaziladi. Bu holatda eng yirik ifloslantiruvchi korxonalarda tozalash filtrlari yangilanishi hisobiga besh yil davomida yalpi mahsulot o‘sib borishi fonida yillik zararli tashlamalar hajmi 6–7 foizga kamayadi va ekotizim barqarorlik indeksi muvozanat chegarasiga yaqinlashadi.

Uchinchi – “Innovatsion-yashil senariy”da esa yalpi hududiy mahsulotning 3,8–4,0 foizi kam chiqindili yopiq siklli texnologiyalar, quyosh va shamol energetikasi hamda ikkilamchi xomashyoni qayta ishlashga yo‘naltiriladi. Dinamik hisob-kitoblar shuni ko‘rsatadiki, ushbu senariyda beshinchi yilga kelib atrof-muhitga chiqariladigan zararli tashlamalar 35 foizga qisqaradi, ayni paytda energiya tejamkorligi va chiqindilardan ikkilamchi mahsulot olish hisobiga yalpi hududiy mahsulot hajmi inersion senariydagiga nisbatan 18–20 foizga ko‘proq o‘sadi. Demak, dinamik modellashtirish “ekologiyani asrash iqtisodiy o‘sishni sekinlashtiradi” degan eskicha qarashning noto‘g‘ri ekanligini, aksincha, yashil investitsiyalar o‘rta va uzoq muddatda iqtisodiyotning multiplikativ o‘sish drayveri ekanligini isbotlaydi.

Hududiy ekologik-iqtisodiy tizimlarni dinamik modellashtirish va senariyli tahlil qilish natijalari asosida quyidagi ilmiy-nazariy xulosalar hamda amaliy takliflar shakllantirildi:

1. Hududlarning ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishini rejalashtirishda bir yillik statik ko‘rsatkichlardan voz kechib, ishlab chiqarish o‘sishi, resurs sarfi va

tabiatning assimilyatsiya quvvatini o‘zaro bog‘lovchi 5 va 10 yillik dinamik balans modellarini amaliyotga joriy etish lozim.

2. Dinamik model tahlillari asosida sanoatlashgan viloyat va shaharlarda ekologik muvozanatning buzilmaslik sharti sifatida tabiatni muhofaza qilish va yashil modernizatsiyaga yo‘naltiriladigan investitsiyalar ulushini yalpi hududiy mahsulotning kamida 3,0–4,0 foizi darajasida belgilash maqsadga muvofiqdir.

3. Makroiqtisodiy va hududiy tadqiqotlar instituti hamda Iqtisodiyot va moliya vazirligi amaliyotida V. Leontyevning kengaytirilgan ekologik-iqtisodiy tarmoqlararo balans matritsalarini shakllantirish, har bir tarmoqda mahsulot ishlab chiqarishni oshirish boshqa tarmoqlarda qancha ekologik yuklama va suv-energiya talabi keltirib chiqarishini oldindan simulyatsiya qilish tavsiya etiladi.

4. Hududlarda “Innovatsion-yashil senariy”ga o‘tishni rag‘batlantirish uchun yopiq siklli va chiqindisiz texnologiyalarni joriy etgan korxonalarga yashil obligatsiyalar va imtiyozli kreditlar ajratish mexanizmini kengaytirish zarur.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Husanov F.O., Matematikaning iqtisodiy masalalarni yechishdagi roli. "Servis" ilmiy-amaliy jurnali (Maxsus son). – Samarqand: SamISI nashriyoti, 2022. – 142-145 b.

2. Vaxabov A.V., Xajibakiyev Sh.X., «Yashil iqtisodiyot» asosida barqaror iqtisodiy o‘sishni ta’minlashning nazariy va amaliy jihatlari. Monografiya. – Toshkent: "Universitet", 2020.

3. Shodiyev T.Sh., Abdullayev O.M., Xakimov T.X., Iqtisodiy-matematik usullar va modellar. Oliy o‘quv yurtlari uchun darslik. – Toshkent: "Adabiyot jamg‘armasi", 2005.

4. Leontief W.W., Environmental Repercussions and the Economic Structure: An Input-Output Approach. – The Review of Economics and Statistics, 1970. – 262-271 b.

5. Xodiyev B.Y., Iqtisodiy-matematik usullar. O‘quv qo‘llanma. – Toshkent: TDIU, 2018. – 215-228 b.

6. Ergashev A., Yulchiyeva M.T., Ahmedov O‘.A., Abzalov A.A., Ekologiya, biosfera va tabiatni muhofaza qilish. Darslik. – Toshkent, 2018.

“YASHIL MAKON” LOYIHASI DOIRASIDA SHAHAR EKOTIZIMLARIDA BIOMASSA O‘SISHI VA UGLEROD YUTILISHI DINAMIKASINI MODELLASHTIRISH

Husanov F.O. Samarqand iqtisodiyot va servis instituti
Oliy matematika kafedrasi v.b. dotsenti

Annotatsiya: Ushbu ilmiy maqolada urbanizatsiyalashgan hududlarda “Yashil makon” umummilliy loyihasi doirasida barpo etilayotgan daraxtzorlar va yashil mintaqalarning o‘sish dinamikasini matematik modellashtirish masalalari ko‘rib chiqilgan. Maqolaning dolzarbligi shundaki, ekilgan ko‘chatlarning

faqatgina boshlang‘ich soni emas, balki ularning yillar davomida yashovchanlik koeffitsiyenti, yosh guruhlari bo‘yicha biomassa to‘plashi hamda atmosferadan karbonat angidrid gazini yutish (dekarbonizatsiya) quvvatini dinamik hisoblash amaliy ahamiyatga ega. Tadqiqotda mahalliy va xorijiy olimlarning ekotizimlar dinamikasi bo‘yicha ishlari tahlil qilinib, shahar yashil fondini samarali boshqarish bo‘yicha ilmiy-nazariy va amaliy takliflar berilgan.

Kalit so‘zlar: Yashil makon, shahar ekotizimi, biomassa dinamikasi, uglerod sekvestratsiyasi, yashovchanlik koeffitsiyenti, dinamik modellashtirish, yashil iqtisodiyot.

KIRISH: Global iqlim isishi, qurg‘oqchilik, chang-qum bo‘ronlarining ko‘payishi va yirik shaharlarda “issiqlik orollari” effektining kuchayishi sharoitida yashil hududlarni kengaytirish ekologik barqarorlikning eng samarali va tabiiy yechimi sifatida e’tirof etilmoqda. O‘zbekiston Respublikasida amalga oshirilayotgan “Yashil makon” umummilliy loyihasi doirasida har yili bahor va kuz mavsumlarida yuz millionlab daraxt va buta ko‘chatlari ekilib, shaharlar atrofida “yashil belbog‘”lar barpo etilmoqda. Ushbu tashabbus mamlakatda yashil qoplama maydonini kengaytirish va havo sifatini yaxshilashga qaratilgan ulkan ekologik investitsiyadir.

Biroq bunday keng ko‘lamli ekologik dasturlar haqiqiy samara berishi uchun jarayonni faqat bir mavsumda ekilgan ko‘chatlar soni bilan emas, balki ularning keyingi 5–10 yildagi yashab qolish va rivojlanish dinamikasi hamda beradigan ekologik qaytimi bilan baholash zarur. Chunki sug‘orish tizimi, iqlimga moslik va agrotexnik parvarish darajasiga qarab ko‘chatlarning yashovchanlik ulushi hamda yoshi ulg‘aygan sari atmosferadan karbonat angidrid gazini yutish quvvati vaqt bo‘yicha nochiziqli qonuniyat asosida o‘zgaradi.

Mazkur ilmiy maqolaning maqsadi – shahar va sanoat oldi ekotizimlarida daraxt fondining yosh guruhlari bo‘yicha o‘sishi va uglerod yutish dinamikasini matematik modellashtirish, parvarishlash rejimi ko‘chatlarning uzoq muddatli ekologik-iqtisodiy samaradorligiga qanchalik ta’sir ko‘rsatishini asoslash hamda amaliy tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat.

ASOSIY QISM: Biologik populyatsiyalar va o‘rmon ekotizimlarining vaqt bo‘yicha o‘sish dinamikasini matematik modellashtirish nazariyasi jahon ilm-fanida P. Ferxyulstning logistik o‘sish qonuniyati, A. Lotka va V. Volterraning biologik tizimlar dinamikasi hamda P. Leslining yosh guruhlari bo‘yicha matritsali o‘tish modellariga asoslanadi. Zamonaviy ekologik iqtisodiyotda D. Novak va R. Konstansa kabi tadqiqotchilar shahar daraxtzorlarining uglerod sekvestratsiyasi (yutilishi), chang tutib qolish va mikroiqlimni yumshatish kabi ekotizim xizmatlarining iqtisodiy qiymatini baholash modellarini ishlab chiqqanlar.

O‘zbekistonda o‘simliklar ekologiyasi, bioxilma-xillik va yashil iqtisodiyot masalalari A. Ergashev, O‘.A. Ahmedov, A.A. Abzalov, A.X. Xamzayev, A.V. Vaxabov, Sh.X. Xajibakiyev, matematik modellashtirish va resurslarni optimallashtirish masalalari esa T.Sh. Shodiyev, B.Y. Xodiyev hamda F.O.

Husanovning ilmiy izlanishlarida keng o‘rganilgan. Xususan, A. Ergashev va hammualliflarning “Ekologiya, biosfera va tabiatni muhofaza qilish” darsligida O‘zbekistonning quruq va issiq iqlim sharoitida o‘simlik qoplamining fotosintez faolligi hamda fitomeliorativ ahamiyati tahlil qilingan bo‘lsa, F.O. Husanovning ilmiy ishlarida tizimlarning holatini davrlararo balans va koeffitsiyentlar yordamida hisoblash rejalashtirishdagi xatoliklarni bartaraf etishi ko‘rsatib berilgan.

Shahar ekotizimlarida yashil biomassa dinamikasini modellashtirishda daraxt fondi o‘zining fiziologik rivojlanishi va ekologik unumdorligiga ko‘ra uchta asosiy yosh davriga ajratib o‘rganiladi: birinchi davr – yangi ekilgan va ildiz otayotgan yosh nihollar (1 yoshdan 3 yoshgacha), ikkinchi davr – shox-shabbasi va barg sathi faol shakllanayotgan o‘rta yoshli daraxtlar (4 yoshdan 8 yoshgacha) hamda uchinchi davr – to‘liq shakllangan, keng barg sathiga ega yetuk daraxtlar (9 yosh va undan katta). Ushbu uchta guruhning ekologik foydalilik koeffitsiyenti bir-biridan keskin farq qiladi.

Tabiiy-ekologik me’yorlarga ko‘ra, 1–3 yillik yosh ko‘chatning barg sathi kichik bo‘lganligi sababli u yiliga o‘rtacha 2,5–3 kilogramm karbonat angidrid gazini yutadi. Daraxt 4–8 yoshli davrga o‘tganda uning yillik uglerod yutish quvvati 12–15 kilogrammga yetadi, 9 yoshdan oshgan yetuk keng bargli daraxt (masalan, chinor, eman, qayrag‘och yoki katalpa) esa yiliga 28–35 kilogramm karbonat angidrid gazini yutib, o‘nlab kilogramm chang va og‘ir metall zarralarini o‘z barglarida ushlab qoladi.

Dinamik modeldagi eng hal qiluvchi parametr – bu bir yosh davridan keyingi yosh davriga o‘tish (yashovchanlik) koeffitsiyentidir. O‘zbekistonning yozgi jazirama va suvsiz sharoitida ko‘chatlar uchun eng xavfli davr dastlabki uch yil hisoblanadi. Agar hududda ekilgan 100 ming tup daraxt ko‘chatining dinamikasi ikki xil parvarish rejimi misolida tahlil qilinsa, ular o‘rtasida ulkan farq namoyon bo‘ladi. Birinchi – “An’anaviy (tartibsiz sug‘orish) rejimi”da dastlabki uch yilda ko‘chatlarning 45 foizigina saqlanib qolsa va keyingi bosqichlarda yana qisman qurish kuzatilsa, to‘qqizinchi yilga borib 100 ming tup ko‘chatdan faqat 30–32 ming tupi yetuk daraxt bosqichiga yetib boradi va ularning yillik uglerod yutish quvvati 890–900 tonna atrofida bo‘ladi.

Ikkinchi – “Innovatsion (tomchilatib sug‘orish, tuproq namligi monitoringi va iqlimga mos navlarni tanlash) rejimi”da esa dastlabki uch yillik yashovchanlik koeffitsiyenti 88–90 foizni tashkil etadi va to‘qqizinchi yilga kelib 82 ming tup daraxt to‘liq yetuklik bosqichiga chiqadi. Natijada, innovatsion rejimda barpo etilgan daraxtzorning yillik karbonat angidrid yutish quvvati 2300 tonnaga yetadi, ya’ni an’anaviy rejimga nisbatan 2,56 barobar yuqori ekologik samara beradi.

Bundan tashqari, dinamik tahlil shuni ko‘rsatadiki, suvsizlik yoki parvarishsizlik oqibatida har yili qurib qolgan ko‘chatlar o‘rniga qaytadan yangi nihol ekish (replantatsiya) iqtisodiy jihatdan ikki karra zarar keltiradi: birinchidan, ko‘chat sotib olish va ekish xarajatlari takrorlanadi; ikkinchidan esa, ekotizim doimo ekologik unumdorligi past bo‘lgan birinchi yosh guruhida (1–3 yillik

nihollar bosqichida) qolib ketib, yuqori biomassa beruvchi yetuk o‘rmonzor shakllanmaydi.

Shahar ekotizimlarida biomassa o‘sishi va uglerod yutilishi dinamikasini modellashtirish asosida quyidagi ilmiy-nazariy xulosalar hamda amaliy taklif va tavsiyalar ilgari suriladi:

1. “Yashil makon” umummilliy loyihasi doirasida hududlar va tashkilotlar faoliyatini baholashda “mavsumda ekilgan ko‘chatlar soni” ko‘rsatkichidan voz kechib, 3 va 5 yillik “yashovchanlik koeffitsiyenti” hamda “shakllangan yashil biomassa va uglerod yutilishi hajmi” indikatorlariga o‘tish zarur.

2. Dinamik model hisob-kitoblariga asosan, ko‘kalamzorlashtirish uchun ajratiladigan moliyaviy mablag‘larning kamida 40–45 foizini yangi ko‘chat xarid qilishga emas, balki mavjud va yangi ekilayotgan maydonlarda tomchilatib sug‘orish tizimlarini barpo etish hamda uch yillik kafolatli agrotexnik parvarishni moliyalashtirishga yo‘naltirish lozim.

3. Shaharlarda bitta yetuk daraxtning ekologik qiymati 9–10 ta yosh niholga teng ekanligini hisobga olib, qurilish loyihalarida ko‘p yillik yetuk daraxtlarni kesish yoki ko‘chirishga nisbatan kompensatsiya to‘lovlarini daraxtning shunchaki donasiga emas, balki uning yoshi va yo‘qotilgan 10 yillik uglerod yutish biomassa qiymatiga bog‘lab hisoblash mexanizmini joriy etish tavsiya etiladi.

4. Ekologiya idoralari va oliy o‘quv yurtlari hamkorligida har bir viloyatning tuproq sho‘rlanishi va suv ta’minotiga mos keladigan daraxt turlarining yosh guruhlari bo‘yicha dinamik o‘sish jadvallarini tuzish hamda ularni shahar bosh rejalariga kiritish maqsadga muvofiqdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Husanov F.O., Matematikaning iqtisodiy masalalarni yechishdagi roli. "Servis" ilmiy-amaliy jurnali (Maxsus son). – Samarqand: SamISI nashriyoti, 2022. – 142-145 b.

2. Ergashev A., Yulchiyeva M.T., Ahmedov O‘.A., Abzalov A.A., Ekologiya, biosfera va tabiatni muhofaza qilish. Darslik. – Toshkent: "Yangi asr avlodi", 2018.

3. Vaxabov A.V., Xajibakiyev Sh.X., Toshmatov Sh.A., Yashil iqtisodiyot. Oliy o‘quv yurtlari uchun darslik. – Toshkent: "Universitet", 2020. – 262 b.

4. Shodiyev T.Sh., Abdullayev O.M., Xakimov T.X., Iqtisodiy-matematik usullar va modellar. – Toshkent: "Adabiyot jamg‘armasi", 2005.

5. Xodiyev B.Y., Iqtisodiy-matematik usullar. O‘quv qo‘llanma. – Toshkent: TDIU, 2018. – 215-228 b.

6. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining "Respublikada ko‘kalamzorlashtirish ishlarini jadallashtirish, daraxtlar muhofazasini yanada samarali tashkil etish chora-tadbirlari to‘g‘risida"gi PF-46-son Farmoni. –

ANTROPOGEN YUKLAMA TA'SIRIDAGI EKOLOGIK TIZIMLARNING DINAMIK MODELI VA BARQARORLIGINI TAHLIL QILISH: EKOLOGIK MENEJMENT UCHUN BOSHQARUV QARORLARINI ASOSLASH

O'razaliyev Shirinboy Bo'ron o'g'li Samarqand iqtisodiyot va servis instituti

Annotatsiya. Maqolada xizmat ko'rsatish sohasi korxonalarining ekotizimga antropogen yuklamasi "biomassa – iste'molchi – ifloslantiruvchi modda" uch o'zgaruvchili oddiy differensial tenglamalar tizimi orqali modellashtiriladi. Muvozanat nuqtalari, Yakobi matritsasi va Raus–Gurvits mezoni asosida barqarorlik tahlil qilinib, yuklama parametrining ikkita kritik qiymati aniqlandi: Xopf bifurkatsiyasi ($Q_H \approx 2{,}32$) va iste'molchi populyatsiyasining yo'qolishi ($Q_E \approx 4{,}30$).

Kalit so'zlar: ekologik tizim, dinamik modellashtirish, differensial tenglamalar, barqarorlik, Xopf bifurkatsiyasi, antropogen yuklama.

Kirish: Xizmat ko'rsatish sohasining (transport, turizm, umumiy ovqatlanish, kommunal xizmatlar) kengayishi suv, havo va tuproq resurslariga antropogen yuklamani oshirmoqda. Ruxsat etilgan me'yorlar va o'rtacha konsentratsiyalarga tayanuvchi statik baholash ekotizim reaksiyasining vaqt bo'yicha o'zgarishini, jumladan bo'sag'aviy o'tishlar va o'z-o'zidan tebranishlarni ko'rsata olmaydi. Dinamik modellashtirish esa yuklamaning xavfsiz chegarasini hisob-kitob asosida belgilash imkonini beradi. Bu yo'nalish O'zbekiston Respublikasining 2030-yilgacha atrof-muhitni muhofaza qilish konsepsiyasida belgilangan vazifalarga, shuningdek atrof-muhit holatini monitoring va miqdoriy baholashga qo'yiladigan talablarga to'la mos keladi.

Dissertatsiya ishida xizmat ko'rsatish samaradorligi IAEI $= \sum w_i S_i$ integral indeksi orqali baholanadi. Ushbu yondashuv ekologik komponent bilan to'ldirilib, korxona faoliyatining ekotizim barqarorligiga ta'sirini ham hisobga oluvchi ko'rsatkich shakllantiriladi. Raqamli monitoring (Big Data) ma'lumotlari esa model parametrlarini aniqlashning axborot bazasi bo'lib xizmat qiladi. Tadqiqot maqsadi – ekotizim dinamikasining matematik modelini qurish, uning barqarorlik chegaralarini aniqlash va xizmat ko'rsatish sohasi uchun ruxsat etilgan ekologik yuklamani asoslashdan iborat. Muammoning nazariy asoslari ishlarda yoritilgan.

Matematik model

Ekotizim uch o'zgaruvchi bilan ifodalanadi: $x(t)$ – birlamchi biomassa, $y(t)$ – iste'molchi (zooplankton, baliq), $P(t)$ – ifloslantiruvchi modda konsentratsiyasi. Trofik bog'lanish Xolling II turidagi funksiya bilan beriladi:

$$\frac{dx}{dt} = r\,x\left(1 - \frac{x}{K(P)}\right) - \frac{a\,x\,y}{1 + a\,h\,x}$$

$$\frac{dy}{dt} = \frac{e\,a\,x\,y}{1 + a\,h\,x} - m\,y - \mu\,P\,y$$

$$\frac{dP}{dt} = Q - \delta\,P - \gamma\,x\,P, \qquad K(P) = \frac{K_0}{1 + \kappa P}$$

bu yerda r – biomassaning o‘sish tezligi; K_0 – toza muhitdagi sig‘im; a, h – topish samaradorligi va ishlov berish vaqti; e – biomassaning iste’molchi biomassasiga aylanish koeffitsienti; m – tabiiy o‘lim; μ – toksik o‘lim koeffitsienti; δ – o‘z-o‘zini tozalash; γ – biomassa tomonidan yutilish; κ – ifloslanishning sig‘imga ta’sir koeffitsienti; Q – xizmat ko‘rsatish sohasidan tushuvchi antropogen oqim (boshqariladigan parametr). Ifloslanish ortishi bilan sig‘im $K(P)$ kamayadi, bu esa modelning asosiy nochiziqli bog‘lanishini beradi.

Model quyidagi farazlarga tayanadi: (i) biomassa mavjud resurs bilan cheklanadi (logistik o‘sish); (ii) iste’molchining ovlash tezligi to‘yinish xususiyatiga ega; (iii) ifloslantiruvchi modda iste’molchiga bevosita zaharli ta’sir qiladi (μPy hadi) va biomassaning sig‘imini kamaytiradi; (iv) yuklama Q qaralayotgan davrda o‘zgarmas deb olinadi. Bu farazlar suv havzalari, qishloq xo‘jaligi yerlari va shaharlar atrofidagi yashil zonalar uchun umumiy bo‘lib, parametrlarning konkret qiymatlari monitoring ma’lumotlari bilan moslashtiriladi.

Barqarorlik tahlili

Muvozanat nuqtasi $E^* = (x^*, y^*, P^*)$ (1)–(3) tenglamalar o‘ng tomonlarini nolga tenglashtirish orqali topiladi. Uning atrofida tizim chiziqlantiriladi, Yakobi matritsasi

$$J = \left(\frac{\partial F_i}{\partial x_j}\right)_{3\times 3} |_{E^*}, \qquad \lambda^3 + a_1\lambda^2 + a_2\lambda + a_3 = 0$$

shaklida yoziladi; bunda F_i – (1)–(3) tenglamalarning o‘ng tomonlari, $a_1 = -\mathrm{tr}J$, $a_2 - J$ ning bosh minorlari yig‘indisi, $a_3 = -\det J$. Raus–Gurvits mezoniga ko‘ra E^* asimptotik barqaror bo‘lishi uchun

$$a_1 > 0, \qquad a_3 > 0, \qquad \Delta = a_1 a_2 - a_3 > 0$$

shartlari bajarilishi zarur va yetarli. $\Delta = 0$ bo‘lganda juft mavhum ildizlar paydo bo‘ladi va Xopf bifurkatsiyasi yuz beradi: muvozanat barqarorligini yo‘qotib, tizim limit sikliga o‘tadi.

Iste’molchining yo‘qolish chegarasi chegaraviy muvozanat $E_0 = (x_0, 0, P_0)$ da iste’molchining “bosib kirish” sharti orqali topiladi: y ning o‘sishi uchun

$$\frac{e\,a\,x_0}{1 + a\,h\,x_0} > m + \mu P_0$$

shart bajarilishi kerak. Tengsizlik ishorasi o‘zgaradigan Q qiymati Q_E ni beradi. Kritik qiymatlar Q_H ($\Delta(Q) = 0$) va Q_E ((6) shartdagi tenglik) Brent usuli bilan 10^{-6} aniqlikda topildi.

Model parametrlari kuzatuv ma’lumotlari $z_j(t_k)$ bo‘yicha eng kichik kvadratlar usuli bilan aniqlanadi:

$$\min_{\theta} \Phi(\theta) = \sum_{k=1}^{N} \sum_{j=1}^{3} \left[z_j(t_k) - X_j(t_k;\theta) \right]^2$$

bu yerda θ – parametrlar vektori, $X_j(t_k;\theta)$ – model yechimi. Ekotizimning umumiy holatini dissertatsiyadagi integral indeks bilan bir xil ko‘rinishda baholash mumkin:

$$\text{ESI} = \sum_{i=1}^{4} w_i S_i, \qquad \sum_{i=1}^{4} w_i = 1, \quad S_i \in [0;1]$$

S_1, S_2 – biomassa va iste’molchining saqlanish darajasi, $S_3 = 1 - P/P_{\text{lim}}$ – ifloslanish zaxirasi, S_4 – barqarorlik zaxirasi ($-\max \text{Re}\lambda$ ning me’yorlashtirilgan qiymati).

Hisoblash natijalari

Tenglamalar SciPy (LSODA) paketida sonli integrallandi; parametrlar (shartli birliklarda): $r = 1{,}0$; $K_0 = 12$; $\kappa = 0{,}25$; $a = 0{,}9$; $h = 0{,}5$; $e = 0{,}6$; $m = 0{,}25$; $\mu = 0{,}10$; $\delta = 0{,}5$; $\gamma = 0{,}05$. Boshlang‘ich shart $(2;\ 1;\ 1)$. Natijalar 1-jadval va 1-rasmda keltirilgan.

1-jadval. Yuklama Q ning muvozanat va barqarorlikka ta’siri

Q	x^*	y^*	P^*	$\max \text{Re}\lambda$	Rejim
0,5	0,885	1,413	0,919	+0,087	Limit sikli (tebranish)
1,5	1,631	1,496	2,579	+0,068	Limit sikli (tebranish)
2,5	2,599	1,371	3,969	−0,021	Barqaror fokus
3,5	3,800	0,848	5,072	−0,156	Barqaror
4,2	4,771	0,130	5,687	−0,023	Barqaror, kritik chegara yaqin

Tahlil quyidagilarni ko‘rsatdi. *Birinchidan*, $Q < Q_H \approx 2{,}32$ da koeksistensiya nuqtasi barqaror emas: biomassa kuchli amplitudali tebranadi, minimal qiymatda deyarli nolga tushadi (lokal yo‘qolish xavfi). *Ikkinchidan*, $Q_H < Q < Q_E$ oralig‘ida tizim barqarorlashadi: sig‘imning kamayishi tebranishlarni so‘ndiradi, biroq iste’molchi darajasi y^* 1,50 (Q=1,5) dan 0,13 (Q=4,2) gacha tushadi. *Uchinchidan*, $Q > Q_E \approx 4{,}30$ da iste’molchi populyatsiyasi yo‘qoladi ($y \to 0$), biomassa esa yuqori darajada (4,38) “soddalashgan” holatda qoladi. Demak, tashqi ko‘rinishdagi barqarorlik ekotizim murakkabligining yo‘qolishini yashirishi mumkin, shu sababli ruxsat etilgan yuklamani Q_E dan zaxira bilan, masalan $Q_{adm} \leq 0{,}8\, Q_E \approx 3{,}4$ qilib belgilash maqsadga muvofiq.

Amaliy jihatdan natijalar ekologik audit va monitoring tizimida qo‘llanadi: $P(t)$ va Q ning real vaqtdagi o‘lchovlari kritik qiymatlar bilan solishtirilib,

korxona uchun “yashil–sariq–qizil” xavf zonalari belgilanadi ($Q < Q_H$ – tebranish xavfi; $Q_H \le Q \le Q_{adm}$ – nazorat ostida barqaror; $Q > Q_{adm}$ – kritik). Ilmiy yangilik shundaki, yuklamaning ruxsat etilgan chegarasi o‘rtacha me’yor emas, balki tizimning bifurkatsion tuzilishi asosida belgilanadi.

Xulosa

Uch o‘zgaruvchili model antropogen yuklamaning ekotizimga bo‘sag‘aviy (nochiziqli) ta’sirini tavsiflaydi va ikkita kritik qiymatni (Q_H, Q_E) aniqlash imkonini beradi.

Raus–Gurvits mezoni va sonli integrallash natijalari o‘zaro mos keladi; muvozanat barqarorligi yuklamaning o‘rtacha oralig‘ida saqlanadi.

Model parametrlari raqamli monitoring ma’lumotlari bo‘yicha (7) funksionalni minimallashtirib aniqlanadi, ESI esa dissertatsiyadagi integral indeks bilan uyg‘un ekologik ko‘rsatkich vazifasini bajaradi.

Adabiyotlar

1. Mutalov Sh.A., Tursunov T.T., Niyazova M.M. va boshq. Sanoat ekologiyasi (atrof-muhit muhofazasi): oliy ta’lim muassasalari uchun darslik. – Toshkent: O‘zbekiston xalqaro islom akademiyasi nashriyot-matbaa birlashmasi, 2020.
2. 2. Sh. Sharahmetov, O.Qurbonov, “Iqtisodchilar uchun matematika”. ISBN 978-9943-07-554-2, O‘zbekiston faylasuflari milliy jamiyati nashriyoti, 2017.
3. Murray J.D. Mathematical Biology I: An Introduction. 3rd ed. – New York: Springer, 2002.

SUV TA'MINOTI TIZIMLARINI RAQAMLASHTIRISH: ZARAFSHON HAVZASI MISOLIDA ALGORITMIK YONDASHUVLAR

Xudoyberdiyev Sardor Ismoilovich

SamISI Oliy matematika kafedrasi v.b. dotsenti

Annotatsiya: Ushbu maqolada yashil iqtisodiyot va atrof-muhitni asrash sharoitida aholini suv bilan ta'minlash tizimlarini raqamlashtirishning matematik-algoritmik asoslari Zarafshon havzasi, xususan Samarqand viloyati "Suvokova" korxonasi tarmog‘i misolida tahlil qilinadi. Tarmoq 102 uchastka va 83 tugun nuqtasidan iborat bo‘lib, unga nisbatan chiziqli dasturlash modeli, O(n log n) murakkablikka ega additivlik algoritmi va GMDH (guruhli ma'lumotlarni qayta ishlash usuli) asosidagi sun'iy intellekt moduli qo‘llaniladi. Taklif etilgan yondashuv tarmoqdagi suv yo‘qotishlarini kamaytirish, energiya sarfini optimallashtirish va ekologik yukni pasaytirish orqali barqaror suv resurslarini boshqarishga xizmat qiladi. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, additivlik algoritmi an'anaviy usullarga nisbatan hisoblash tezligini sezilarli darajada oshiradi, GMDH modeli esa 0,974 determinatsiya koeffitsiyenti bilan suv sarfini yuqori aniqlikda prognozlash imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: raqamlashtirish, yashil iqtisodiyot, suv ta'minoti tizimlari,

additivlik algoritmi, GMDH, chiziqli dasturlash, Zarafshon havzasi, barqaror rivojlanish.

So‘nggi yillarda O‘zbekistonda yashil iqtisodiyotga o‘tish va atrof-muhitni muhofaza qilish davlat siyosatining ustuvor yo‘nalishlaridan biriga aylandi. Suv resurslari cheklangan mintaqalarda, xususan Zarafshon daryosi havzasida, aholi sonining o‘sishi va iqlim o‘zgarishi sharoitida suv ta'minoti tizimlarini samarali boshqarish masalasi tobora dolzarblashib bormoqda. An'anaviy boshqaruv usullari real vaqt rejimida qaror qabul qilish, resurslarni oqilona taqsimlash va yo‘qotishlarni kamaytirish talablariga to‘liq javob bermayapti.

Shu sababli suv ta'minoti tarmoqlarini raqamlashtirish, ya'ni geografik axborot tizimlari (GIS), SCADA nazorat tizimlari va matematik modellashtirish algoritmlarini birgalikda qo‘llash dolzarb ilmiy-amaliy masalaga aylanmoqda. Bunday integratsiyalashgan yondashuv nafaqat operativ boshqaruv sifatini oshiradi, balki uzoq muddatli rejalashtirish, infratuzilmani modernizatsiya qilish va davlat dasturlari doirasida resurslarni taqsimlash bo‘yicha asoslangan qarorlar qabul qilishga xizmat qiladi.

Muammoning matematik qo‘yilishi quyidagicha ifodalanadi: tarmoqning har bir i -uchastkasi bo‘yicha suv sarfi x_i cheklovlar tizimi (bosim, o‘tkazuvchanlik, rezervuar sig‘imi) doirasida umumiy xarajat va yo‘qotish funksiyasini minimallashtiradigan tarzda taqsimlanishi lozim. Bu masala ko‘p o‘lchovli optimallashtirish masalasi bo‘lib, an'anaviy usullar yirik o‘lchamli tarmoqlarda hisoblash resurslarini ko‘p talab qiladi - bu esa raqamli, tezkor algoritmlarni qo‘llashni taqozo etadi.

Tadqiqot ob'ekti sifatida Samarqand viloyati "Suvokova" davlat korxonasi balansidagi suv ta'minoti tarmog‘i tanlab olindi. Tarmoq tuzilmaviy jihatdan 102 ta uchastka, 83 ta tugun nuqtasi, 14 ta nasos stansiyasi, 9 ta suv ombori/rezervuar hamda 27 ta nazorat-o‘lchov punktidan iborat (1-jadval, 1-rasm).

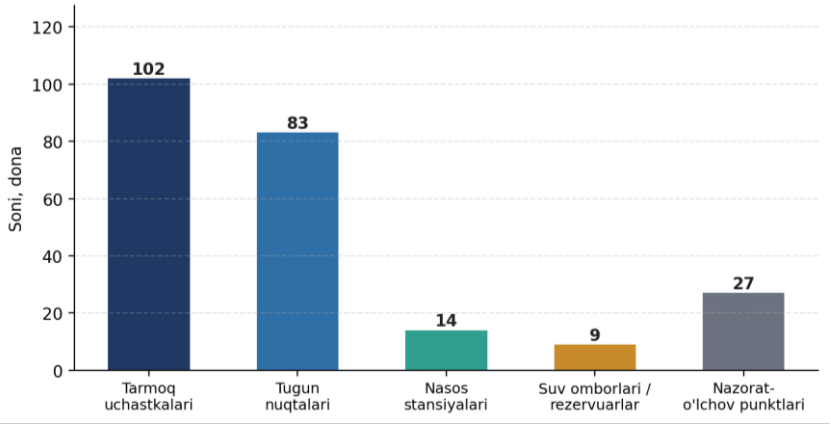
1-jadval

Zarafshon havzasi suv ta'minoti tarmog‘ining texnik-statistik parametrlari

Ko‘rsatkich	O‘lchov birligi	Qiymat	Izoh
Tarmoq uchastkalari soni	dona	102	quvurlar tizimi
Tugun nuqtalari soni	dona	83	taqsimlash punktlari
Nasos stansiyalari	dona	14	"Suvokova" balansida
Suv omborlari / rezervuarlar	dona	9	zaxira hajmi bilan
Nazorat-o‘lchov punktlari	dona	27	SCADA bilan

Ko‘rsatkich	O‘lchov birligi	Qiymat	Izoh
			integratsiya
O‘rtacha kunlik suv sarfi	ming m³/sutka	17,4	mavsumiy o‘zgaruvchan
Tarmoq ishonchliligi koeffitsiyenti	nisbiy birlik	0,91	mavjud holat bo‘yicha

.



1-rasm. Zarafshon havzasi suv ta'minoti tarmog‘ining tuzilmaviy tarkibi

Raqamlashtirish jarayonining birinchi bosqichida barcha tarmoq elementlari GIS asosidagi ma'lumotlar bazasiga kiritiladi va SCADA tizimi orqali real vaqt rejimida bosim hamda sarf ko‘rsatkichlari kuzatiladi. Bu jarayon quyida keltirilgan umumiy algoritmik blok-sxema (4-rasm) asosida tashkil etiladi.

Matematik modellar va algoritmik yondashuvlar. Optimal taqsimot masalasi quyidagi chiziqli dasturlash modeli ko‘rinishida ifodalanadi:

$$F(x) = \Sigma\, c_i \cdot x_i \;\rightarrow\; min, \Sigma a_i \cdot x_i \;\leq b, x_i \;\geq\; 0$$

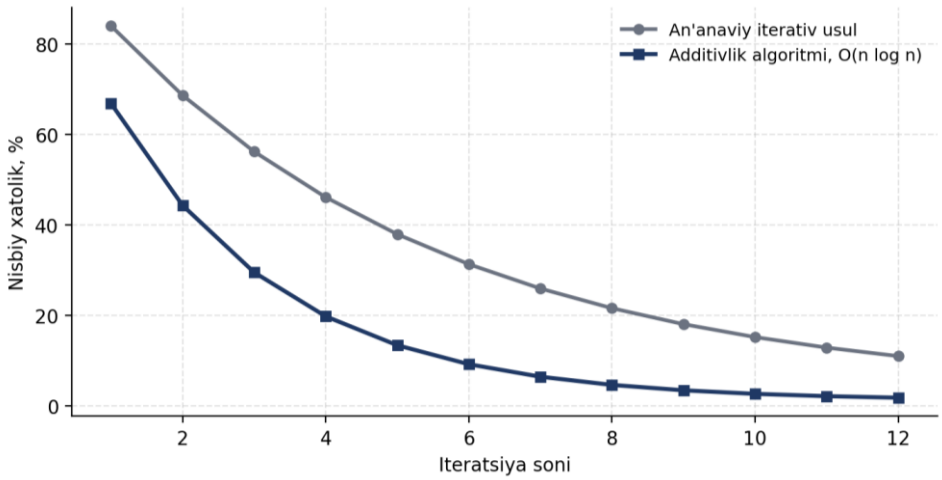
bu yerda x_i - i - uchastka bo‘yicha suv sarfi, c_i - tashish xarajati koeffitsiyenti, a_{ij} va b_j – tarmoqning gidravlik cheklovlari (bosim, o‘tkazuvchanlik quvvati, rezervuar sig‘imi). Masalaning yirik o‘lchamli holatlarda tezkor yechilishi uchun avvalgi tadqiqotlarda asoslangan additivlik algoritmi qo‘llaniladi, uning hisoblash murakkabligi O(n log n) ni tashkil etadi, bu esa klassik simpleks va iterativ usullarga nisbatan sezilarli tezlikni ta'minlaydi (2-rasm, 2-jadval).

2-jadval.

Suv taqsimoti masalasini yechishda qo‘llaniladigan algoritmlarni taqqoslash

Usul / algoritm	Hisoblash murakkabligi	O‘rtacha xatolik, %	Qo‘llanish sohasi
An'anaviy iterativ usul	O(n²)	3,0	kichik tarmoqlar

Usul / algoritm	Hisoblash murakkabligi	O‘rtacha xatolik, %	Qo‘llanish sohasi
Chiziqli dasturlash	polinomial	2,1	statik taqsimot
Additivlik algoritmi	O(n log n)	1,2	yirik tarmoqlar, real vaqt
GMDH (sun'iy intellekt)	O(n log n)	1,6	talabni prognozlash
NSGA-II (genetik algoritm)	O(g·n²)	1,4	ko‘p mezonli optimallashtirish



2-rasm. Additivlik algoritmining klassik iterativ usulga nisbatan yaqinlashish tezligi

Sun'iy intellekt algoritmi: gmdh asosida talabni prognozlash.Tarmoqni samarali boshqarish nafaqat joriy taqsimotni optimallashtirishni, balki kelgusi davr suv talabini oldindan aniq prognozlashni ham talab qiladi. Shu maqsadda o‘z-o‘zini tashkillashtirish nazariyasiga asoslangan GMDH (Group Method of Data Handling) sun'iy intellekt algoritmi qo‘llanildi. Model 2022–2024-yillar davomidagi oylik suv sarfi ma'lumotlari asosida o‘qitildi va qatlamma-qatlam tanlov tamoyili bo‘yicha optimal polinomial tuzilmani avtomatik shakllantirdi.

- dastlabki ma'lumotlarni normallashtirish va o‘quv/tekshiruv to‘plamlariga ajratish;
- har bir qatlamda ikki o‘zgaruvchidan iborat qisman tavsiflarni (partial descriptions) generatsiya qilish;
- tashqi mezon (masalan, tekshiruv to‘plamidagi o‘rtacha kvadratik xatolik) bo‘yicha eng yaxshi modellarni tanlash;
- xatolik kamayishi to‘xtaguncha qatlamlarni ketma-ket qurish va optimal murakkablikdagi model bilan yakunlash.

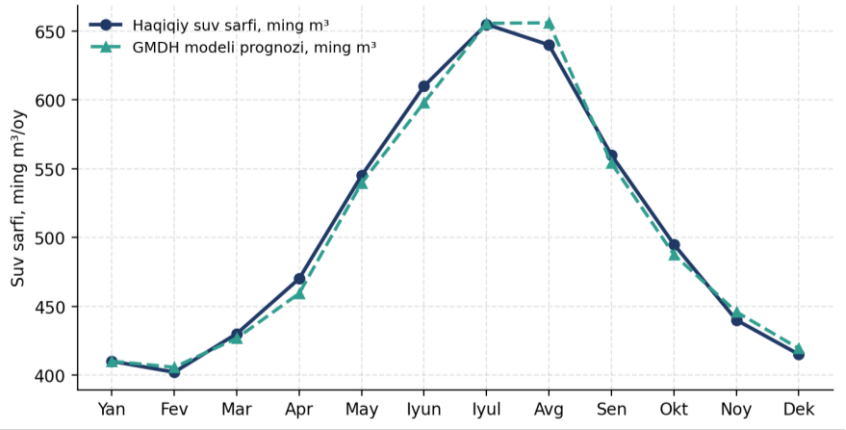
Model natijalari 3-rasm va 3-jadvalda keltirilgan. GMDH modeli 0,974 determinatsiya koeffitsiyenti va 2,3% o‘rtacha absolyut foiz xatolik (MAPE) bilan yuqori aniqlikni namoyon etdi, bu esa uni dispetcherlik tizimida qaror qabul

qilishni qo‘llab-quvvatlash vositasi sifatida qo‘llash imkonini beradi.

3-jadval

GMDH modelining statistik baholash ko‘rsatkichlari

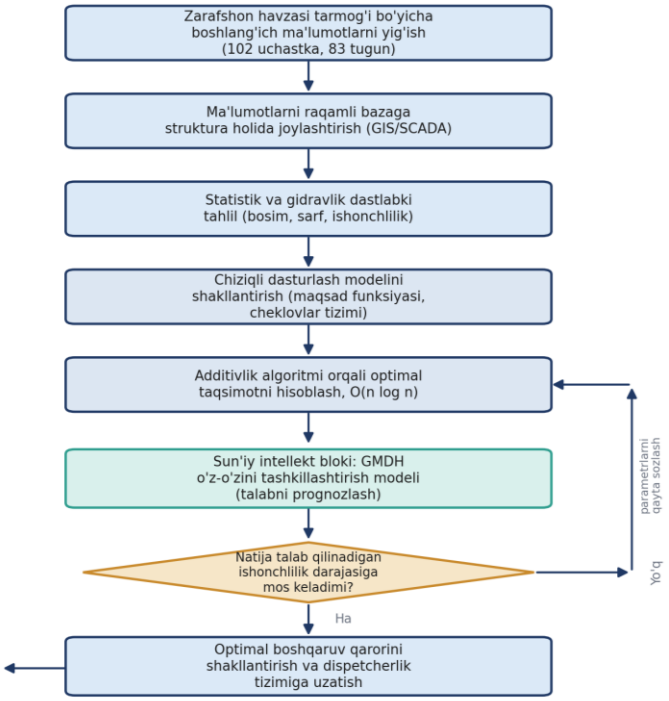
Statistik ko‘rsatkich	Belgilanishi	Qiymati
O‘rtacha kvadratik xatolik (RMSE)	RMSE	11,8 ming m³
O‘rtacha absolyut foiz xatolik (MAPE)	MAPE	2,3 %
Determinatsiya koeffitsiyenti	R^2	0,974
Model o‘qitish uchun ishlatilgan davr	–	36 oy (2022–2024)



3-rasm. GMDH modeli asosida oylik suv sarfini prognozlash natijalari

Shuningdek, ko‘p mezonli masalalarda (xarajat, ishonchlilik va ekologik yukni bir vaqtda optimallashtirish) NSGA-II genetik algoritmidan foydalanish istiqbolli hisoblanadi, chunki u Pareto-optimal yechimlar to‘plamini shakllantirib, qaror qabul qiluvchiga bir necha muqobil variantni taqdim etadi (2-jadvalga qarang).

Raqamlashtirish jarayonining umumlashgan blok-sxemasi.Yuqorida tavsiflangan barcha bosqichlar – ma'lumotlar yig‘ish, chiziqli dasturlash modeli, additivlik algoritmi va GMDH sun'iy intellekt bloki – yagona algoritmik jarayon sifatida 4-rasmda umumlashtirilgan. Sxemada ishonchlilik mezoni bo‘yicha qaytar aloqa (feedback) mavjud bo‘lib, natija talab qilinadigan darajaga mos kelmasa, model parametrlari avtomatik qayta sozlanadi.



4-rasm. Zarafshon havzasi suv ta'minoti tizimini raqamlashtirishning umumlashgan algoritmik blok-sxemasi.

Natijalarni muhokama qilish: Taklif etilgan kompleks algoritmik model nafaqat hisoblash samaradorligi, balki iqtisodiy va ekologik natijalar nuqtai nazaridan ham baholandi. Additivlik algoritmi qo‘llanilishi natijasida tarmoqdagi texnik suv yo‘qotishlarini taxminan 8–12 foizga kamaytirish imkoniyati aniqlandi, bu esa nasos stansiyalarining elektr energiyasi sarfini mutanosib ravishda pasaytiradi. O‘z navbatida energiya sarfining kamayishi issiqxona gazlari chiqindilarini qisqartirish orqali yashil iqtisodiyot maqsadlariga bevosita hissa qo‘shadi.

GMDH modeli asosidagi talabni prognozlash moduli dispetcherlik xizmatiga nasos stansiyalarini optimal rejimda ishga tushirish jadvalini oldindan shakllantirish imkonini beradi. Bu, o‘z navbatida, cho‘qqi yuklanish soatlarida ortiqcha energiya sarfini oldini olish, shuningdek rezervuarlardagi suv zaxirasini mavsumiy talabga moslashtirilgan holda boshqarish imkoniyatini yaratadi. Additivlik algoritmi va GMDH modelining birgalikda ishlashi natijasida tizimning umumiy javob berish vaqti o‘rtacha 30–35 foizga qisqarishi kutilmoqda, bu real vaqt rejimidagi favqulodda vaziyatlarda (quvur yorilishi, bosim keskin pasayishi) operativ qaror qabul qilish uchun muhim ahamiyatga ega. Ekologik jihatdan, tarmoqdagi yo‘qotishlarning kamayishi Zarafshon daryosi havzasidan olinadigan xom suv hajmini qisqartiradi, bu esa daryo ekotizimining tabiiy gidrologik rejimini saqlashga, quyi oqim hududlaridagi qishloq xo‘jaligi va ichimlik suvi ta'minotiga ijobiy ta'sir ko‘rsatadi. Shu bilan birga, taklif etilgan yondashuvning amaliy joriy etilishi qo‘shimcha sarmoya (SCADA sensorlari, ma'lumotlar uzatish infratuzilmasi) talab etishini alohida ta'kidlash lozim – bu

boshlang‘ich xarajatlar kelgusi tadqiqotlarda iqtisodiy samaradorlik tahlili (xarajat-foyda nisbati) orqali batafsil baholanishi kerak.

Shuningdek, model bir qator cheklovlarga ega: GMDH prognozi tarixiy ma'lumotlar sifatiga bog‘liq bo‘lib, favqulodda iqlim hodisalari (qurg‘oqchilik, sel) sharoitida qo‘shimcha kalibrlashni talab qilishi mumkin. Additivlik algoritmi esa tarmoq topologiyasi tez-tez o‘zgaradigan (masalan, yangi qurilish hisobiga kengaytiriladigan) hollarda qayta sozlashni taqozo etadi. Ushbu cheklovlar kelgusi tadqiqotlar doirasida NSGA-II kabi moslashuvchan ko‘p mezonli algoritmlar bilan integratsiya qilish orqali bartaraf etilishi mumkin.

Xulosa. Zarafshon havzasi misolida o‘tkazilgan tadqiqot shuni ko‘rsatadiki, suv ta'minoti tizimlarini raqamlashtirish chiziqli dasturlash, additivlik algoritmi va GMDH sun'iy intellekt modulini birgalikda qo‘llash orqali tarmoq boshqaruvining aniqligi va tezligini sezilarli darajada oshiradi. Taklif etilgan kompleks yondashuv nafaqat iqtisodiy samaradorlikni, balki suv resurslaridan oqilona foydalanish orqali ekologik barqarorlikni ham ta'minlaydi – bu esa yashil iqtisodiyot tamoyillariga to‘liq mos keladi. Kelgusi tadqiqotlar doirasida NSGA-II asosidagi ko‘p mezonli optimallashtirish modulini to‘liq integratsiya qilish hamda tizimni boshqa havzalar (Qashqadaryo, Surxondaryo) misolida sinovdan o‘tkazish rejalashtirilmoqda.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Safarov, Rakhmon, and Sardor Khudoyberdiev. "Optimizing water delivery to consumers with multi-mode and uncertainty into account." *AIP Conference Proceedings*. Vol. 3244. No. 1. AIP Publishing LLC, 2024.

2. Xudoyberdiyev S.I., Safarov R. Chiziqli dasturlash usulining aholini suv bilan optimal ta'minlash masalasiga qo‘llanilishi // Innovatsion texnologiyalar. – Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti, 2022. – Maxsus son. – B. 140–143.

3. Xudoyberdiyev S.I. Aholini suv bilan optimal ta'minlash masalalarini yechishda additivlik algoritmidan foydalanish // ilmiy maqola, 2023.

4. Ivakhnenko A.G. Polynomial theory of complex systems // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. – 1971. – Vol. 1, No. 4. – P. 364–378.

5. Deb K., Pratap A., Agarwal S., Meyarivan T. A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II // IEEE Transactions on Evolutionary Computation. – 2002. – Vol. 6, No. 2. – P. 182–197.

6. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining "Yashil iqtisodiyotga o‘tish" strategiyasiga oid me'yoriy-huquqiy hujjatlari.

III SHO‘BA.
“OPTIMALLASHTIRISH USULLARI YORDAMIDA ATROF-MUHITNI MUHOFAZA QILISH”

OPTIMALLASHTIRISH USULLARI YORDAMIDA ATROF-MUHITNI MUHOFAZA QILISH

Qarshiboyev X. Q. f-m.f.n., dotsent. Samarqand iqtisodiyot va servis instituti Oliy matematika kafedrasi mudiri. **E-mail:** karshiboyev@mail.ru

Annotatsiya. Ushbu maqolada atrof-muhitni muhofaza qilish masalalarini hal etishda optimallashtirish usullaridan foydalanish imkoniyatlari ko‘rib chiqiladi. Ekologik muammolarning murakkablashib borishi tabiiy resurslardan oqilona foydalanish, chiqindilarni kamaytirish, energiya sarfini optimallashtirish va ifloslanish darajasini pasaytirish bo‘yicha ilmiy asoslangan qarorlar qabul qilishni talab etmoqda. Maqolada matematik optimallashtirish, chiziqli va nochiziqli dasturlash, ko‘p mezonli optimallashtirish hamda dinamik modellashtirish usullarining ekologik masalalardagi o‘rni tahlil qilinadi. Shuningdek, optimallashtirish modellaridan foydalanish orqali ekologik va iqtisodiy manfaatlarni birgalikda hisobga olish imkoniyatlari yoritilgan.

Kalit so‘zlar: atrof-muhit, ekologik muhofaza, optimallashtirish, matematik model, chiziqli dasturlash, nochiziqli dasturlash, ko‘p mezonli optimallashtirish, ekologik monitoring, tabiiy resurslar, chiqindilar.

Kirish: Bugungi kunda atrof-muhitning ifloslanishi, tabiiy resurslarning kamayishi, chiqindilar hajmining ortishi va iqlim o‘zgarishi insoniyat oldidagi eng muhim muammolardan biridir. Sanoat, transport, qishloq xo‘jaligi va energetika sohalarining rivojlanishi iqtisodiy taraqqiyotni ta’minlash bilan birga, tabiiy muhitga tushadigan antropogen bosimning kuchayishiga ham olib kelmoqda.

Atrof-muhitni muhofaza qilishda faqat mavjud ekologik muammolarni aniqlashning o‘zi yetarli emas. Resurslardan qanday foydalanish, qaysi texnologiyani tanlash, chiqindilarni qayerda va qanday usulda qayta ishlash, ekologik tadbirlarga qancha mablag‘ ajratish kabi masalalarda eng maqbul qarorni topish zarur. Bunday vazifalarni hal qilishda matematik optimallashtirish usullari muhim ahamiyatga ega.

Optimallashtirish – mavjud cheklovlar sharoitida ma’lum bir maqsad funksiyasining eng yaxshi qiymatini aniqlashga qaratilgan matematik usullar majmuasidir. Ekologik masalalarda maqsad funksiyasi chiqindilarni minimallashtirish, energiya sarfini kamaytirish, ifloslantiruvchi moddalar emissiyasini pasaytirish yoki tabiiy resurslardan foydalanish samaradorligini maksimal darajaga yetkazish bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin.

1. Atrof-muhitni muhofaza qilishda optimallashtirishning o‘rni

Ekologik tizimlar ko‘plab o‘zaro bog‘liq omillardan tashkil topgan murakkab tizimlardir. Biror sohadagi qaror boshqa ekologik yoki iqtisodiy ko‘rsatkichlarga ta’sir qilishi mumkin. Masalan, ishlab chiqarish hajmini oshirish iqtisodiy foydani ko‘paytirishi mumkin, biroq buning natijasida chiqindilar va atmosferaga chiqariladigan zararli moddalar miqdori ortishi ehtimoli mavjud.

Shu sababli ekologik boshqaruvda bir vaqtning o‘zida bir nechta maqsadlarni hisobga olish talab etiladi. Masalan:

- atmosfera ifloslanishini kamaytirish;
- suv resurslaridan samarali foydalanish;
- chiqindilar hajmini kamaytirish;
- energiya sarfini minimallashtirish;
- tabiiy resurslarni tejash;
- ekologik tadbirlar xarajatlarini kamaytirish;
- aholining ekologik xavfsizligini oshirish.

Ushbu maqsadlar o‘zaro bog‘liq bo‘lganligi sababli matematik optimallashtirish ulardan eng maqbul kombinatsiyani topishga imkon beradi.

2. Matematik optimallashtirish modeli

Ekologik masalani matematik model ko‘rinishida ifodalash uchun, avvalo, boshqariladigan o‘zgaruvchilar aniqlanadi. Umumiy holda optimallashtirish masalasi quyidagicha ifodalanishi mumkin:

$$\mathbf{F(x) \rightarrow min \text{ yoki } max}$$

bu yerda:

- $\mathbf{F(x)}$ – maqsad funksiyasi;
- $\mathbf{x}$ – boshqaruv o‘zgaruvchilari vektori.

Model cheklovlar tizimi bilan birgalikda qaraladi:

$$\mathbf{g_i(x) \leq b_i,\ i = 1, 2, ..., m}$$

$$\mathbf{x \geq 0}$$

Masalan, korxona faoliyatida atmosferaga chiqariladigan zararli moddalar miqdorini minimallashtirish masalasini olaylik. Agar x_i – i-chi texnologiyadan foydalanish hajmini bildirsa, maqsad funksiyasi quyidagicha bo‘lishi mumkin:

$$\mathbf{F = \Sigma\, c_i x_i \rightarrow min}$$

bu yerda $\mathbf{c_i}$ – tegishli texnologiyaning ekologik ta’sir koeffitsiyenti.

Bunda ishlab chiqarish hajmi, moliyaviy mablag‘, mavjud texnologik quvvat va boshqa omillar cheklov sifatida kiritiladi.

3. Chiziqli dasturlash usulidan foydalanish

Chiziqli dasturlash ekologik masalalarni yechishda eng ko‘p qo‘llaniladigan optimallashtirish usullaridan biridir. Ushbu usulda maqsad funksiyasi va cheklovlar chiziqli tenglama yoki tengsizliklar orqali ifodalanadi.

Masalan, chiqindilarni qayta ishlash korxonasida turli xil chiqindilarni qayta ishlash hajmini optimallashtirish mumkin. Maqsad chiqindilarni poligonga yuborish hajmini minimallashtirish bo‘lsa, quyidagi modeldan foydalanish mumkin:

$$\mathbf{Z = \Sigma\, x_i \rightarrow min}$$

bunda:

$$x_i \geq 0$$

va qayta ishlash quvvati:

$$\Sigma\, a_i x_i \leq C$$

ko‘rinishida ifodalanadi.

Bu model yordamida mavjud quvvat va mablag‘lardan foydalanib, chiqindilarni qayta ishlashning eng maqbul hajmini aniqlash mumkin.

Chiziqli dasturlashning afzalligi uning nisbatan sodda matematik tuzilishga ega ekanligi va kompyuter dasturlari yordamida katta hajmdagi masalalarni tez yechish imkoniyatidir.

4. Nochiziqli optimallashtirish

Ekologik jarayonlarning aksariyati chiziqli xarakterga ega emas. Masalan, ifloslantiruvchi moddalar konsentratsiyasi, suv havzasidagi ekologik jarayonlar yoki atmosfera ifloslanishining tarqalishi ko‘pincha murakkab bog‘lanishlar bilan ifodalanadi.

Bunday holatlarda nochiziqli optimallashtirish usullaridan foydalaniladi. Umumiy model:

$$F(x) \rightarrow \min$$
$$g_i(x) \leq 0$$

ko‘rinishida yoziladi.

Nochiziqli optimallashtirish orqali quyidagi masalalarni hal qilish mumkin:

1. atmosferaga chiqariladigan zararli moddalarni kamaytirish;
2. suvni tozalash tizimining optimal ish rejimini aniqlash;
3. energiya sarfini kamaytirish;
4. ekologik xavfni minimallashtirish;
5. ishlab chiqarish va ekologik talablar o‘rtasidagi optimal nisbatni aniqlash.

5. Ko‘p mezonli optimallashtirish

Atrof-muhitni muhofaza qilish masalalarida ko‘pincha bitta maqsadning o‘zi yetarli bo‘lmaydi. Masalan, korxona bir vaqtning o‘zida ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirishi va ekologik zararlarni minimallashtirishi kerak.

Bunda ko‘p mezonli optimallashtirishdan foydalanish mumkin. Masalan:

$F_1(x) \rightarrow \min$ – ekologik zarar;

$F_2(x) \rightarrow \min$ – iqtisodiy xarajat;

$F_3(x) \rightarrow \max$ – ishlab chiqarish samaradorligi.

Ushbu mezonlarni yagona maqsad funksiyasiga birlashtirish uchun vazn koeffitsiyentlaridan foydalanish mumkin:

$$F(x) = \alpha_1 F_1(x) + \alpha_2 F_2(x) + \alpha_3 F_3(x)$$

bu yerda $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – mezonlarning muhimlik darajasini ifodalovchi vazn koeffitsiyentlaridir.

Mazkur yondashuv iqtisodiy rivojlanish va ekologik xavfsizlik o‘rtasidagi muvozanatni topishda samarali hisoblanadi.

6. Chiqindilarni boshqarishda optimallashtirish

Chiqindilarni boshqarish ekologik muhofazaning muhim yo‘nalishlaridan biridir. Chiqindilarni yig‘ish, tashish, saralash, qayta ishlash va utilizatsiya qilish jarayonlarining har bir bosqichida optimallashtirish usullaridan foydalanish mumkin.

Masalan, chiqindilarni yig‘ish transportining optimal marshrutini aniqlash orqali:

- yoqilg‘i sarfini kamaytirish;
- transport xarajatlarini qisqartirish;
- havoga chiqariladigan zararli gazlarni kamaytirish;
- chiqindilarni o‘z vaqtida olib chiqishni ta’minlash mumkin.

Bunday vazifalarda transport masalasi, marshrutlarni optimallashtirish va kombinator optimallashtirish usullaridan foydalaniladi.

7. Energiya resurslarini optimallashtirish

Energiya ishlab chiqarish va undan foydalanish atrof-muhitga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Ayniqsa, qazilma yoqilg‘ilardan foydalanish atmosferaga karbonat angidrid va boshqa chiqindilarning chiqarilishiga sabab bo‘ladi.

Optimallashtirish yordamida turli energiya manbalari o‘rtasidagi optimal nisbatni aniqlash mumkin. Masalan, quyosh, shamol, gidroenergetika va an’anaviy energiya manbalaridan foydalanish darajasini shunday tanlash mumkinki, umumiy energiya talabi qondirilsin va ekologik ta’sir minimal bo‘lsin.

Umumiy maqsad funksiyasi:

$$\mathbf{E = \Sigma\, e_i x_i \rightarrow min}$$

ko‘rinishida ifodalanishi mumkin.

Bu yerda $\mathbf{e_i}$ – i-chi energiya manbasining ekologik ta’sir ko‘rsatkichi, $\mathbf{x_i}$ esa undan foydalanish hajmini bildiradi.

8. Suv resurslarini muhofaza qilishda optimallashtirish

Suv resurslaridan oqilona foydalanish ham matematik optimallashtirishning muhim qo‘llanish sohalaridan biridir. Qishloq xo‘jaligi, sanoat va maishiy sohalarda suvga bo‘lgan talabning ortishi mavjud suv resurslaridan samarali foydalanishni talab qiladi.

Optimallashtirish yordamida:

- sug‘orish hajmini aniqlash;
- suv taqsimotini rejalashtirish;
- suv yo‘qotishlarini kamaytirish;
- suvni qayta ishlatish hajmini oshirish;
- oqova suvlarni tozalash rejimini optimallashtirish mumkin.

Masalan, cheklangan suv resurslarini turli iste’molchilar o‘rtasida optimal taqsimlash masalasi chiziqli dasturlash orqali yechilishi mumkin.

9. Ekologik monitoring va optimallashtirish

Ekologik monitoringda atmosfera, suv va tuproq holati muntazam kuzatiladi. Biroq monitoring punktlarini cheksiz ko‘paytirish katta mablag‘ talab qiladi. Shu sababli monitoring stansiyalarining joylashuvini optimallashtirish muhim vazifa hisoblanadi.

Optimallashtirish orqali minimal sonli monitoring punktlari yordamida hududning ekologik holati haqida yetarlicha aniq ma’lumot olish mumkin.

Masalan, monitoring punktlarini joylashtirishda quyidagi omillar hisobga olinadi:

- sanoat korxonalarining joylashuvi;
- aholi zichligi;
- shamol yo‘nalishi;
- transport oqimi;
- suv manbalari;
- ekologik xavf darajasi.

Natijada monitoring xarajatlari kamayib, ekologik nazorat samaradorligi oshadi.

10. Optimallashtirish usullarining amaliy ahamiyati

Optimallashtirish usullarini ekologik boshqaruvda qo‘llash quyidagi natijalarga olib kelishi mumkin:

Yo‘nalish	**Optimallashtirish natijasi**
Chiqindilar	Chiqindi hajmini kamaytirish va qayta ishlashni oshirish
Energiya	Energiya sarfini kamaytirish
Suv resurslari	Suvdan samarali foydalanish
Atmosfera	Zararli emissiyalarni kamaytirish
Transport	Yo‘nalish va yoqilg‘i sarfini optimallashtirish
Monitoring	Kuzatuv punktlarini optimal joylashtirish
Korxona faoliyati	Ekologik va iqtisodiy samaradorlikni oshirish

Shunday qilib, optimallashtirish nafaqat ekologik zararlarni kamaytirishga, balki iqtisodiy resurslardan samarali foydalanishga ham xizmat qiladi.

Xulosa

Atrof-muhitni muhofaza qilishda optimallashtirish usullaridan foydalanish zamonaviy ekologik boshqaruvning muhim yo‘nalishlaridan biridir. Matematik modellashtirish va optimallashtirish yordamida murakkab ekologik jarayonlarni tahlil qilish, mavjud resurslardan oqilona foydalanish va ekologik xavflarni kamaytirishga qaratilgan eng maqbul qarorlarni aniqlash mumkin.

Chiziqli dasturlash, nochiziqli optimallashtirish, ko‘p mezonli optimallashtirish va dinamik modellashtirish kabi usullar chiqindilarni boshqarish, suv va energiya resurslaridan foydalanish, atmosfera ifloslanishini kamaytirish hamda ekologik monitoring tizimlarini takomillashtirishda keng imkoniyatlar yaratadi.

Kelajakda sun’iy intellekt, mashinali o‘rganish, katta ma’lumotlar va raqamli monitoring texnologiyalarining optimallashtirish usullari bilan

integratsiyalashuvi ekologik muammolarni yanada aniq va samarali hal qilish imkonini beradi. Shu sababli ekologik boshqaruv tizimlarida matematik optimallashtirish usullarini joriy etish barqaror rivojlanishni ta’minlashning muhim vositalaridan biri sifatida qaralishi lozim.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Winston W. L. *Operations Research: Applications and Algorithms*. Cengage Learning.

2. Hillier F. S., Lieberman G. J. *Introduction to Operations Research*. McGraw-Hill.

3. Tietenberg T., Lewis L. *Environmental and Natural Resource Economics*. Pearson.

4. Boyd S., Vandenberghe L. *Convex Optimization*. Cambridge University Press.

5. Burden R. L., Faires J. D. *Numerical Analysis*. Brooks/Cole.

6. Atrof-muhit muhofazasi va tabiiy resurslardan oqilona foydalanish bo‘yicha ilmiy-uslubiy adabiyotlar.

NONYUTON NEFTLARNING EKSPLUATATSIYA QUDUG‘IDA NOSTATSIONAR HARAKATI

Akilov J.A. Samarqand davlat Texnika universiteti “Ijtimoiy va tabiiy fanlar” kafedrasi professori, fizika-matematika fanlari doktori. Tel.: +998 90 603 35 90. E-mail: jaxon.akilov@mail.ru

G‘aybulov Yu. Samarqand davlat Texnika universiteti “Ijtimoiy va tabiiy fanlar” kafedrasi katta o‘qituvchisi. Tel.: +998 97 920 55 36. E-mail: ygaybulov@mail.ru.

Annotatsiya. Neft quduqlarini shtangali chuqur nasoslar bilan ishlatish jarayonida neft relaksatsiya xususiyatlarining plunjerga gidrodinamik bosimga ta'sirini nazariy o‘rganish qaralgan. Laplas integral aylantirishi usuli yordamida masalaning aniq yechimi olingan. Sonli tajribalar yordamida suyuqlik qovushoq-elastik xususiyatlarining plunjerga bo‘lgan umumiy bosimga ta’siri o‘rganilgan.

Kalit so‘zlar: plunjerga bosim, neft qudug‘i, relaksatsiya va kechikish vaqti, qovushoq va qovushoq-elastik suyuqlik, Laplas almashtirishi.

Kirish. Konlardan neftni qazib olishda ko‘p qo‘llaniladigan usullardan biri chuqurlikda joylashgan shtangali nasoslardan foydalanishdir. Neft quduqlarini bunday plunjerli nasoslar bilan ishlatishda, plunjerning yuqoriga harakati jarayonida plunjerga gidrodinamik bosimni hisoblash, unga neft xususiyatlarining ta’sirini o‘rganish muhim ahamiyatga ega [1-6], chunki bu bosim ta’sirida shtanglar cho‘zilib ketishi, sinishi mumkin. [5-6] da plunjerning yuqoriga harakati davomida unga gidrodinamik bosimga neft qovushoq-elastik xususiyatlarining ta’sirini matematik modellashtirish qaralgan.

Mazkur ishda ko‘taruvchi quvur va shtanglar orasidagi halqasimon maydonda qovushoq-elastik neftning laminar nostatsionar harakati paytida

plunjerga gidrodinamik bosimni matematik modellashtirish masalasini qaraymiz. Laplas integral almashtirishidan foydalanib, qovushoq-elastik suyuqlik uchun masalaning analitik yechimi topilgan. Olingan formulalar va sonli tajribalar yordamida plunjerning yuqoriga harakati jarayonida unga bo‘lgan gidrodinamik bosimga neft qovushoq-elastik xususiyatlarining ta’siri o‘rganilgan.

Metod. Neftning neft chiqarish qudug‘ida shtanglar kolonnasi va nasos orasidagi halqa sohada harakat tenglamasi quyidagichai:

$$\rho\frac{\partial v}{\partial t}=q(t)+\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}(r\tau),\ (r_2<r<R), \tag{1}$$

bu yerda $v-$suyuqlik tezligi; $r-$radial koordinata; $t-$vaqt; $R-$ko‘taruvchi trubaning radiusi; r_2 $-$shtanganing radiusi; $q(t)=-\partial p/\partial z$ - ko‘taruvchi trubaning quduq o‘qi Oz bo‘ylab p bosimning o‘zgarishi; $\tau-$urinma kuchlanish.

Suyuqlikning plunjerga umumiy bosimi quyidagicha

$$p(t)=Lq(t)+\rho g(L-h)+p_0. \tag{2}$$

bu yerda p_0-quduq ustidagi bosim; $L-$ ko‘tarilayotgan suyuqlik ustuni; $h-$chuqur nasosning suyuqlika botish chuqurligi; $\rho-$ suyuqlik zichligi ; $g-$ erkin tushish tezlanishi:

Suyuqlikning reologik modeli sifatida quyidagi Oldroyd reologik holat tenglamasini qabul qilamiz:

$$\left(1+\lambda_1\frac{\partial}{\partial t}\right)\tau(r,t)=\mu\left(1+\lambda_2\frac{\partial}{\partial t}\right)\frac{\partial v}{\partial r}, \tag{3}$$

bu yerda $\mu-$dinamik qovushoqlik; λ_1 va λ_2 - relaksatsiya va kechikish vaqti suyuqlikning qovushqoq-elastik xususiyatlarini tavsiflovchi parametrlardir. (1) va (3) dan suyuqlik tezligi uchun quyidagi differensial tenglamani olish mumkin:

$$\left(1+\lambda_1\frac{\partial}{\partial t}\right)\frac{\partial v}{\partial t}=\left(1+\lambda_1\frac{\partial}{\partial t}\right)q(t)+\mu\left(1+\lambda_2\frac{\partial}{\partial t}\right)\left[\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial v}{\partial r}\right)\right],\ (r_2<r<R) \tag{4}$$

Vaqtning dastlabki momentida suyuqlik harakatda emas, shu sababli (4) tenglama uchun boshlang‘ich shartlar quyidagicha bo‘ladi:

$$v(r,0)=0,\quad v_t'(r,0)=0,\quad r_2\le r\le R. \tag{5}$$

(5) uchun chegara shartlari quyidagicha bo‘ladi:

$$v(r_2,t)=v_p(t),\quad v(R,t)=0,\quad (t>0), \tag{6}$$

bu yerda $v_p(t)-$plunjerning tezligi. Bosim o‘zgarishini topishda ushbu

$$\pi(r_1^2-r_2^2)v_p(t)=2\pi\int_{r_2}^{R}rv(r,t)dr, \tag{7}$$

suyuqlik sarfi balansidan foydalanamiz, bu yerda r_1- plunjerning radiusi. .

(1) - (7) qaralayotgan jarayonning matematik modelini ifodalaydi.

Masalani yechishdan oldin quyidagi o‘lchamsiz miqdorlarni kiritamiz:

$$t'=\frac{U_x}{R}t,\quad r'=r/R,\quad v'(r',t')=v(r,t)/U_x,\ v_p'(t')=v_p(t)/U_x,$$

$$q'(t') = \frac{R}{\rho U_x^2} q(t),\ p'(t') = \frac{1}{\rho U_x^2} p(t),\ \lambda_1' = \lambda_1 U_x / R,\ \lambda_2' = \lambda_2 U_x / R.$$

bu yerda U_x – xarakterli tezlik.

(4) - (7) ni o‘lchovsiz kattaliklarda quyidagicha yozish mumkin:

$$\left(1+\lambda_1^{'}\frac{\partial}{\partial t'}\right)\frac{\partial v'}{\partial t'} = \frac{1}{\mathrm{Re}}\left(1+\lambda_2^{'}\frac{\partial}{\partial t'}\right)\left[\frac{1}{r'}\frac{\partial}{\partial r'}\left(r'\frac{\partial v'}{\partial r'}\right)\right]+\left(1+\lambda_1^{'}\frac{\partial}{\partial t'}\right)q'(t'), \quad (8)$$

$$v'(r',0) = 0,\ \ \frac{\partial v'(r',0))}{\partial t'} = 0,\ \ (\alpha \le r' \le 1);$$

$$v'(\alpha,t') = v_p^{'}(t'),\ \ v'(1,t') = 0,\ \ (t'>0) \quad (9)$$

$$\int_{\alpha}^{1} r'v'(r',t')dr' = \frac{\alpha_*^2}{2} v'_p(t'), \quad (10)$$

bu yerda $\mathrm{Re} = \frac{\rho R U}{\mu},\ \alpha = \frac{r_2}{R},\ \alpha_1 = \frac{r_1}{R},\ \ \alpha_*^2 = \alpha_1^2 - \alpha^2,$

Laplas almashtirishi va Furye usulini qo‘llab bosim o‘zgarishi uchun quyidagi formula olindi:

$$q'(t') = \frac{\alpha_*^2}{1-\alpha^2}\frac{dv_p^{'}(t')}{dt'} + \frac{4A_\alpha}{\mathrm{Re}}\left[c_2 v_p^{'}(t') + c_1\int_0^{t'} v_p^{'}(t'-\xi)e^{-c\xi}d\xi\right] -$$

$$-\frac{4}{\mathrm{Re}}\sum_{n=1}^{\infty}\frac{\beta_n\varphi_n}{C_n\psi_{1n}}\int_0^{t'}\frac{dv_p^{'}(t'-\xi)}{d\xi}e^{-a_n\xi}\left(A_n chb_n\xi + B_n b_n shb_n\xi\right)d\xi \quad (11)$$

Qovushoq suyuqlik uchun (11) quyidagicha bo‘ladi:

$$q'(t') = \frac{\alpha_*^2}{1-\alpha^2}\frac{dv_p^{'}(t')}{dt'} + \frac{4A_\alpha}{\mathrm{Re}}v_p'(t') - \frac{2}{\mathrm{Re}}\cdot\sum_{n=1}^{\infty}\frac{\beta_n\varphi_n}{\psi_{1n}}\cdot\int_0^{t'}\frac{dv_p^{'}(\xi)}{dt'}\cdot e^{-x_n^2(t'-\xi)}d\xi, \quad (12)$$

bu yerda $c = \frac{1}{\lambda_1'},\ c_2 = \frac{\lambda_2'}{\lambda_1'},\ c_1 = c(1-c_2) = \frac{\lambda_2' - \lambda_1'}{\lambda_1'^2},$

$$\psi_{1n} = (1-\alpha^2)D_{\alpha k}(\beta_n) + \frac{1-\alpha^2}{2}\beta_n\left[\alpha d_7(\beta_n) + d_8(\beta_n)\right] + d_1(\beta_n)d_6(\beta_n) - d_2(\beta_n)d_5(\beta_n),$$

$$\varphi_n = \varphi(\beta_n);\ d_5(x) = \alpha^2 J_0(\alpha x) - J_0(x);\ \ d_6(x) = \alpha^2 Y_0(\alpha x) - Y_0(x);$$

$$d_7(x) = J_0(x)Y_1(\alpha x) - J_1(\alpha x)Y_0(x);\ \ d_8(x) = J_1(x)Y_0(\alpha x) - J_0(\alpha x)Y_1(x);$$

$$x_n = \frac{\beta_n}{\sqrt{\mathrm{Re}}},\ a = 1/(2\lambda_1^{'}),\ a_n = a(1+\lambda_2^{'}x_n^2),\ b_n = \sqrt{a_n^2 - 2ax_n^2};$$

$$A_n = 1 + 2\lambda_2^{'}x_n^2(2 + a\lambda_2^{'2}x_n^2) + (\lambda_1^{'} + \lambda_2^{'})\left(\lambda_2^{'}(a_n^2 + b_n^2) - 2a_n\right) - 4\lambda_2^{'2}a_n x_n^2;$$

$$B_n = 2(\lambda_2^{'} - \lambda_1^{'})(\lambda_2^{'}a_n - 1);\ \ C_n = 1 + 4\lambda_1^{'}x_n^2 + \lambda_2^{'}x_n^4 + 2\lambda_1^{'}\lambda_2^{'}(a_n^2 + b_n^2) - 4\lambda_1^{'}a_n(1 + \lambda_2^{'}x_n^2).$$

Suyuqlik(neft)ning plunjerga bo‘lgan umumiy bosimini quyidagi formuladan topamiz:

$$p(t) = \frac{\mu U_x L}{R^2}q'(t') + (L-h)\rho g + p_0. \quad (13)$$

Natijalar. (11)-(13) formulalar bilan plunjerning tezligi ma'lum bo‘lganida, unga neftning umumiy bosimini topish mumkin. Ko‘rinadiki, plunjerga gidrodinamik bosim uning tezligiga va tezlashishiga bog‘liq. Dastlabki vaqtda plunjerning tezligi keskin ortsa: $v_p(t) = U_x \eta(t)$, unga gidrodinamik bosim impuls xarakteriga ega bo‘ladi, chunki $v'_p(t) = U_x \delta(t)$, bu yerda $\eta(t)$ – Xevisaydning birlik funksiyasi, $\delta(t)$ – Dirakning delta funktsiyasi.

Agar shtanglar va quvurlarning tebranishlari e'tiborga olinmasa, plunjerning tezligini $0 \le t \le T$ vaqt oralig‘ida

$$v_p(t) = \frac{48 v_c}{\pi^3} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n-1)^3} \sin \frac{2\pi(2n-1)t}{T}$$

ko‘rinishda olish mumkin[4], bu yerda T – plunjer harakatining bir sikli davri; v_c – shtang osilgan nuqtaning o‘rtacha tezligi, quyida, hisoblarda $U_x = v_c$ deb olingan.

Olingan formulalar suyuqlikning zichligi, qovushoqli va qovushoq-elastik xususiyatlarining plunjerga gidrodinamik bosimning o‘zgarishiga ta'sirini sonli tajribalar yordamida o‘rganishga imkon beradi. Parametrlarning quyidagi qiymatlarida sonli hisoblashlar qilindi:

$L = 1000\ m,\ h = 100\ m,\ U_x = v_c = 0.60\ m/s,\ p_0 = 10^5\ Pa,\ T = 20\,s,$

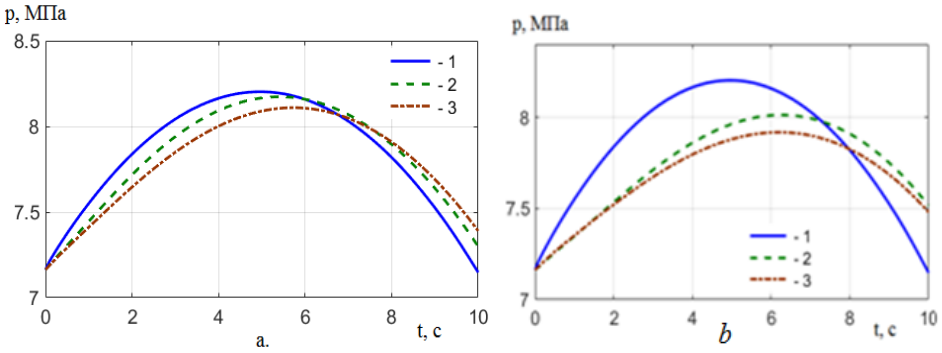
$r_2 = 0.01\ m,\ r_1 = 0{,}02988\ m,\ R = 0.030\ m.$ $1-\ \lambda_1 = \lambda_2 = 0;$

$2-\ \lambda_1 = 1\ c;\ \lambda_2 = 0{,}5\ c;$ $3-\ \lambda_1 = 2\ c;\ \lambda_2 = 1\ c;$ $4-\ \lambda_1 = 3\ c;\ \lambda_2 = 1\ c.$

Qiymatlardan foydalanib, plunjerning yuqoriga qarab harakatlanishi paytida unga neftning to‘la bosimini hisoblash uchun sonli tajribalar o‘tkazildi. Bunda $\lambda_1 = \lambda_2 = 0;$ Nyuton qovushoq suyuqligiga mos keladi.

1- rasmlarda plunjer yuqoriga ko‘tarilishida unga umumiy bosimga neft qovushoq-elastik xususiyatlari ta’siri ko‘rsatilgan.

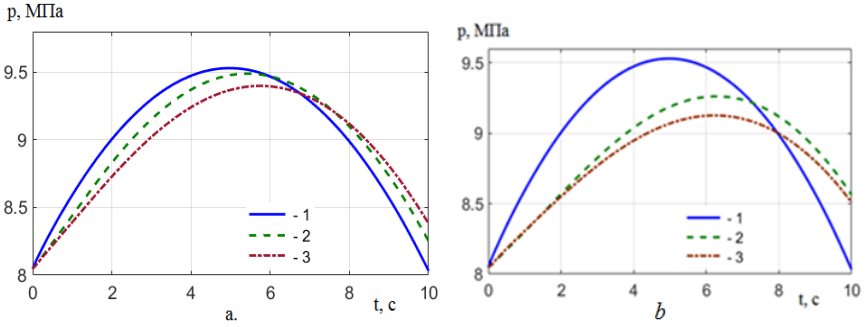
Ko‘rinadiki, qovushoqligi va zichligi $\mu = 0{,}07\ Па \cdot с,\ \rho = 800\ кг/м^3$ bo‘lganida neftning relaksatsion xususiyatlari plunjer tezlashishi paytida gidrodinamik bosimning qovushoq suyuqlikka ($\lambda_1 = \lambda_2 = 0;$)nisbatan pasayishiga va sekinlashuv vaqtida esa, aksincha, oshishiga olib keladi(1-rasm).



1-rasm. Plunjerning ko‘tarilishida unga umumiy bosimga neft qovushoq-elastik xususiyatlarining ta’siri. $\mu = 0{,}07\ Па \cdot с,\ \rho = 800\ кг/м^3$.

a. $1-\ \lambda_1 = \lambda_2 = 0;$ $2-\ \lambda_1 = 1\ c,\ \lambda_2 = 0{,}5\ c;$ $3-\ \lambda_1 = 2\ c,\ \lambda_2 = 1\ c;$

b. $1-\lambda_1=\lambda_2=0$; $2-\lambda_1=3\ c$, $\lambda_2=1\ c$; $3-\lambda_1=5\ c$, $\lambda_2=2\ c$.



2-rasm. Plunjerning ko‘tarilishida unga umumiy bosimga neft qovushoq-elastik xususiyatlarining ta’siri. $\mu=0{,}10\ Па\cdot с$, $\rho=900\ кг/м^3$.

Bu holda, qiymatlardagi eng katta farq maksimum nuqtalarda va ko‘tarilish to‘xtaydigan vaqtda bo‘ladi. Neftning qovushoq-elastik xususiyatlari bosim maksimuming vaqt o‘qi bo‘ylab o‘ngga siljishiga (kechikishiga) olib keladi. Ushbu xususiyatlarning kuchayishi bilan bosim farqi oshadi.

Neftning zichligi va qovushoqligi oshsa($\mu=0.10\ Pa\cdot s$, $\rho=900\,kg/m^3$), plunjerga gidrodinamik bosim ham ortishadi. Bunda bosim profillarining turi va qovushoq-elastik xususiyatlar ta'sirining tabiati saqlanadi, ammo ta'sir darajasi oshadi. Bu ayniqsa, tezlashish va to‘xtash vaqtida yaqqol ko‘rinadi (1-rasm).

Sonli tajribalar ko‘rsatadiki, qovushoq-elastik neftlar ishlab chiqaruvchi neft quduqlarini shtangli chuqur nasoslar bilan ishlatishda neftning relaksatsiya xususiyatlarini hisobga olish kerak.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. Astarista G. and Marrucci G. Principles of Non-Newtonian Fluid Mechanics. McGraw-Hill, New York, 1974. 289 pp.
2. Акилов Ж. А. Нестационарные движения вязкоупругих жидкостей. Ташкент: Фан, 1982. 104 с.
3. Мирзаджанзаде А.Х., Хасаев А.М. и другие. Теория и практика применения глубинных насосов с гидрозатвором. - М.: Недра, 1968. - 158 с.
4. Akilov Zh., Dzhabbarov M.S., Gaybulov Yu.Sh. Mathematical modeling of pressure on the plunger during the operation of wells producing viscoelastic oils. ISSN 2701-8369. DIZZW 2020. German International Journal of Modern Science. No. 9, 2021, Vol. 1, pp. 11-15. DOI: 10.24412/2701-8369-2021-9-1-11-15.
5. Gaybulov Y.Sh. Hydrodynamic Pressure During the Operation of Oil Wells with Deep Pumps // AIP Conferenca Proceedings 3244. International Conference an Actual Problems of Applied Mechanics – APAM-2024. PP. 020057-10. Published Online 27.11.2024. https://doi.org/10.1063/5.0242037
6. Гайбулов Ю.Ш. Гидродинамическое давление на плунжер при эксплуатации нефтяных скважин глубинными насосами // «Узбекский журнал проблемы механики» , 2022, №3. С. 87-96.

SENSITIVITY AND ELASTICITY ANALYSIS OF AN INTEGRAL GREEN ECONOMY INDICATOR BASED ON PARTIAL DERIVATIVES

S.I. Khudoyberdiyev Acting Associate Professor, Department of Higher Mathematics, SamISI

Abstract: This article develops an approach for constructing an integral green economy indicator and assessing its sensitivity through partial derivatives and elasticity coefficients. Green investment, renewable energy, energy efficiency, and waste recycling are combined into a single index. The proposed framework helps identify which factors have the greatest influence on the integral indicator and can therefore support the prioritization of green-development policies.

Keywords: green economy, integral indicator, partial derivative, elasticity, sensitivity, green investment

The green economy is multidimensional, and its condition cannot be fully described by a single economic indicator. Therefore, an integral indicator combining economic and environmental dimensions can be used to compare green development across regions or years.

After constructing an integral index, it is important to determine its sensitivity to the underlying factors. Identifying which factors contribute most strongly to the index helps improve public programs and investment policies.

Let the green economy indicator be represented as $G = w_1 z_1 + w_2 z_2 + w_3 z_3 + w_4 z_4$. Here z_1 is the green investment index, z_2 the renewable-energy share, z_3 the energy-efficiency index, and z_4 the waste-recycling rate; w_i are weights satisfying $\Sigma w_i = 1$.

Because the indicators may use different measurement units, normalization is required. For a positive-direction indicator, $z = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}}$sed; for a negative-direction indicator, $z = \frac{x_{max} - x}{x_{max} - x_{min}}$priate.

The partial derivative $\partial G / \partial x_i$ represents the local sensitivity of the integral indicator to factor x_i. For a linear index, $\partial G / \partial x_i = w_i$, so the weight directly represents the marginal contribution. In nonlinear models, the partial derivative depends on the current level of the factor.

For example, if $G = 0{,}35 z_1 + 0{,}25 z_2 + 0{,}20 z_3 + 0{,}20 z_4$, then the partial derivative with respect to z1 is 0,35. Thus, holding the other variables constant, a small increase in z1 raises G proportionally to 0,35.

Elasticity can be calculated as $\varepsilon_i = \left(\frac{\partial G}{\partial x_i}\right)\left(\frac{x_i}{G}\right)$. It shows the approximate percentage change in the integral indicator associated with a one-percent change in a factor.

For example, if $G = 0{,}72, x_1 = 0.40, and \frac{\partial G}{\partial x_1} = 0{,}35$, then $\varepsilon_1 \approx 0{,}194$. Thus, a one-percent increase in the green investment index is associated with an

approximately 0,194-percent increase in the integral indicator. The larger the absolute elasticity, the greater the relative sensitivity.

The following table presents four illustrative factors and their effects on the green economy indicator. These values are methodological examples and should be replaced by official statistical data in an empirical study.

Factor	Value x_i	Partial derivative	Illustrative elasticity
Green investment	0,40	0,35	0,194
Renewable energy	0,30	0,25	0,104
Energy efficiency	0,65	0,20	0,181
Waste recycling	0,45	0,20	0,125

Sensitivity and elasticity results can be used to identify priorities in green economic policy. If green investment has the highest elasticity, directing public and private resources toward environmental innovation may be particularly effective. If waste recycling has high sensitivity, developing waste sorting and recycling infrastructure becomes a priority.

$$G = \Sigma w_i z_i, \qquad \Sigma w_i = 1$$

$$\varepsilon_i = (\partial G / \partial x_i)(x_i / G)$$

Green economy integral indicators can be analyzed using partial derivatives and elasticities to identify priority factors. A partial derivative measures absolute marginal influence, while elasticity measures relative influence. This framework can support green-development strategies, investment allocation, and monitoring.

References

1. Safarov Rakhmon, and Sardor Khudoyberdiev. "Optimizing water delivery to consumers with multi-mode and uncertainty into account." *AIP Conference Proceedings*. Vol. 3244. No. 1. AIP Publishing LLC, 2024.

2. Resolutions and decrees of the President of the Republic of Uzbekistan regarding the "Strategy for Transition to a Green Economy." – Tashkent.

3. President of the Republic of Uzbekistan. Decree "On the Action Strategy for the Further Development of the Republic of Uzbekistan." – Tashkent.

4. President of the Republic of Uzbekistan. Documents "On measures to implement the Strategy for Transition to a Green Economy of the Republic of Uzbekistan." – Tashkent.

5. Abdullayev A.M. Econometrics. – Tashkent: Fan va texnologiya.

6. G‘ulomov S.S., Shermuhamedov A.T., Begalov B.A. Economic Informatics. – Tashkent.

7. Shodiyev T.Sh. Economic-Mathematical Methods and Models. – Tashkent.

8. Xudoyberdiyev S.I., Safarov R. Chiziqli dasturlash usulining aholini suv bilan optimal ta'minlash masalasiga qo‘llanilishi // Innovatsion texnologiyalar. – Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti, 2022. – Maxsus son. – B. 140–143.

DETERMINING THE OPTIMAL LEVEL OF GREEN INVESTMENT USING MARGINAL ANALYSIS

S.I. Khudoyberdiyev Acting Associate Professor, Department of Higher Mathematics, SamISI

Abstract: This article examines the determination of an optimal level of green investment using marginal analysis. As investment increases, environmental and economic benefits may increase, while the marginal benefit of additional investment may decline. The optimal point is therefore determined by comparing marginal benefit with marginal cost. The approach also considers budgetary and technical constraints.

Keywords: marginal analysis, green investment, marginal benefit, marginal cost, optimal level, environmental efficiency

Green investments are directed toward energy efficiency, renewable energy, recycling, water conservation, and environmentally friendly technologies. Increasing investment indefinitely is not necessarily economically efficient because each additional unit of investment may generate a smaller incremental benefit.

Marginal analysis addresses this issue by comparing the additional benefit and additional cost of one more unit of investment. The optimal level is generally obtained where marginal benefit equals marginal cost.

Let I denote the level of green investment. Let $B(I)$ represent total economic-environmental benefit and $C(I)$ total cost. Net benefit is $\pi(I) = B(I) - C(I)$. The optimal investment $I*$ maximizes net benefit.

For differentiable functions, an interior optimum satisfies $\pi'(I) = B'(I) - C'(I) = 0$. Hence $B'(I*) = C'(I*)$, meaning marginal benefit equals marginal cost.

Suppose the benefit from green investment is $B(I) = 120I - 0{,}4I^2$ and cost is $C(I) = 20I + 0{,}1I^2$. Then net benefit is $\pi(I) = 100I - 0.5I^2$.

The first derivative is $\pi'(I) = 100 - I$. The condition $\pi'(I) = 0$ gives $I* = 100$ units. Since $\pi''(I) = -1 < 0$, this point corresponds to a maximum of net benefit.

In green investment analysis, benefits should not be limited to monetary returns. The additional investment may also reduce CO_2 emissions or resource consumption. If environmental benefit is represented by $M(I)$, then $M'(I)$ represents the marginal environmental outcome.

If $M'(I)$ declines as investment increases, the project exhibits diminishing marginal environmental returns. Economic and environmental benefits can be combined in a single objective function when appropriate.

In practice, investment is constrained by the available budget: $I \leq I_{max}$.ere may also be technical capacity, resource, or project-duration constraints. If the unconstrained optimum is outside the feasible region, the practical optimum may occur at a boundary.

For example, if the calculated optimum is $I* = 100$ but the budget imposes $I \leq 80$, the feasible optimum is $I = 80$. Therefore, mathematical optimization must be combined with real-world constraints.

First, the statistical or economic relationship between investment and outcomes is estimated. Second, benefit and cost functions are specified. Third, the first derivative is used to identify the optimal point, and the second derivative or another criterion verifies the maximum. Finally, budgetary and technical constraints are imposed to obtain the feasible investment level.

The approach can also compare different green investment projects. Separate marginal-benefit functions can be developed for solar energy, recycling, and water-saving projects, allowing investment priorities to be established.

$$\pi(I) = B(I) - C(I);\ \ \pi'(I*) = 0;\ \ B'(I*) = C'(I*)$$

$$If\ \pi''(I*) < 0, then\ I*\ is\ a\ local\ maximum.$$

Investment I	Benefit B(I)	Cost C(I)	Net benefit π(I)
20	2240	440	1800
50	5000	1250	3750
80	7040	2240	4800
100	8000	3000	5000

Marginal analysis makes it possible to determine green investment levels by focusing not only on total benefit but also on the additional outcome generated by each additional unit of investment. The optimum is obtained where marginal benefit equals marginal cost, subject to budgetary, technical, and environmental constraints.

References

1. Safarov Rakhmon, and Sardor Khudoyberdiev. "Optimizing water delivery to consumers with multi-mode and uncertainty into account." *AIP Conference Proceedings*. Vol. 3244. No. 1. AIP Publishing LLC, 2024.

2. Resolutions and decrees of the President of the Republic of Uzbekistan regarding the "Strategy for Transition to a Green Economy." – Tashkent.

3. President of the Republic of Uzbekistan. Decree "On the Action Strategy for the Further Development of the Republic of Uzbekistan." – Tashkent.

4. President of the Republic of Uzbekistan. Documents "On measures to implement the Strategy for Transition to a Green Economy of the Republic of Uzbekistan." – Tashkent.

5. Abdullayev A.M. Econometrics. – Tashkent: Fan va texnologiya.
6. G‘ulomov S.S., Shermuhamedov A.T., Begalov B.A. Economic Informatics. – Tashkent.

YASHIL INVESTITSIYALARNI OPTIMALLASHTIRISHDA MATEMATIK MODELLASHTIRISH USULLARIDAN FOYDALANISH

Sharipov Qudratbek Quraltayevich. Ma'mun universiteti o‘qituvchisi. E-mail: sharipov.qudrat@mamunedu.uz. Tel: +998 93 750 77 55

Annotatsiya. Mazkur maqolada yashil investitsiyalarni optimallashtirishda matematik modellashtirish usullaridan foydalanishning nazariy va amaliy jihatlari yoritilgan. Yashil loyihalarning iqtisodiy, ekologik va moliyaviy samaradorligini baholash uchun ko‘p mezonli optimallashtirish modeli ishlab chiqilgan. O‘zbekiston korxonalarining amaliy misolida modelning ishlash mexanizmi ko‘rsatilgan va hisob-kitoblar orqali optimal investitsiya portfeli aniqlangan. Tadqiqot natijalari yashil investitsiyalarni moliyalashtirishda matematik modellashtirishning samaradorligini tasdiqlaydi.

Kalit so‘zlar: yashil investitsiya, matematik modellashtirish, optimallashtirish, ekologik samaradorlik, moliyalashtirish, O‘zbekiston korxonalari.

Kirish. Jahon miqyosida yashil iqtisodiyotga o‘tish jarayoni tobora jadallashmoqda. O‘zbekiston Respublikasida ham atrof-muhitni muhofaza qilish va “yashil” iqtisodiyotni rivojlantirish davlat siyosatining ustuvor yo‘nalishlaridan biridir. Yashil investitsiyalar esa korxonalarning ekologik barqarorligini ta'minlash bilan birga, iqtisodiy samaradorlikni oshirishga xizmat qiladi. Biroq, mavjud resurslar cheklangan sharoitda qaysi loyihaga qancha investitsiya kiritish, optimal portfelni shakllantirish muammosi dolzarb hisoblanadi. Ushbu muammoni hal etishda matematik modellashtirish va raqamli texnologiyalar muhim vosita hisoblanadi. Tadqiqotda ko‘p mezonli optimallashtirish, chiziqli dasturlash va kompozit ko‘rsatkichlar usullaridan foydalanildi. Yashil investitsiya loyihalarining iqtisodiy, ekologik va moliyaviy samaradorligini baholash uchun quyidagi model taklif etildi.

Optimal investitsiya portfelini aniqlash quyidagi ko‘p mezonli optimallashtirish modeli orqali amalga oshiriladi:

Optimal investitsiya portfelini aniqlash quyidagi ko‘p mezonli optimallashtirish modeli orqali amalga oshiriladi:

$$Z = \max \sum [i=1..n] (w_i \cdot E_i + \alpha \cdot G_i + \beta \cdot F_i) \quad (1)$$

Shartlar:

$$\sum [i=1..n] w_i = 1,\ 0 \le w_i \le 1 \quad (2)$$

$$\sum [i=1..n] w_i \cdot C_i \le B \quad (3)$$

bu yerda: E_i – iqtisodiy samaradorlik ko‘rsatkichi; G_i – ekologik samaradorlik ko‘rsatkichi; F_i – moliyaviy barqarorlik ko‘rsatkichi;w_i – i-loyiha ulushi; C_i – loyiha qiymati; B – umumiy byudjet.

Tadqiqotda “O‘zkimyosanoat” AJ tarkibidagi “Maxam-Chirchiq” korxonasi (ammiak va karbamid ishlab chiqarish) misolida yashil loyihalar bo‘yicha optimal investitsiya portfeli aniqlangan. Korxona uchun quyidagi 4 ta yashil loyiha ko‘rib chiqildi:

1. Quyosh fotoelektrik stansiyasi (QES);
2. Energiya tejamkor uskunalar modernizatsiyasi;
3. Suvni qayta ishlash va tozalash tizimi;
4. Yashil vodorod texnologiyasi.

1-jadval.

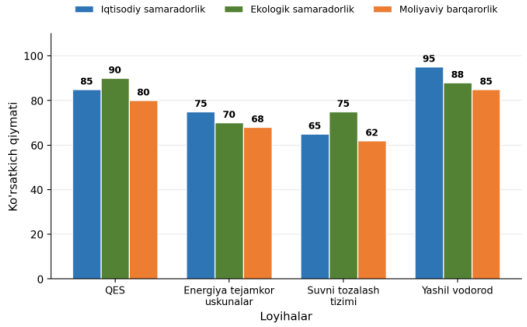
Yashil loyihalar bo‘yicha asosiy ko‘rsatkichlar[17]

№	Loyiha nomi	Investitsiya (mln so‘m)	Yillik daromad (mln so‘m)	CO2 kamayishi (tonna/yil)	IRR (%)
1	QES	5 000	1 200	2 800	18
2	Energiya tejamkor uskunalar	3 500	900	1 900	16
3	Suvni tozalash tizimi	2 800	700	1 200	14
4	Yashil vodorod	8 000	1 800	4 500	22

Matematik model (1)-(3) asosida hisob-kitoblar natijasida optimal portfel quyidagicha aniqlandi: QES – 30%; Energiya tejamkor uskunalar – 25%; Suvni tozalash tizimi – 15%; Yashil vodorod – 30%.

1-rasm.

Loyihalar bo‘yicha samaradorlik ko‘rsatkichlari[18]



Hisob-kitoblar natijasida korxona uchun eng samarali loyiha – yashil vodorod texnologiyasi (22% IRR), eng kam samarador loyiha – suvni tozalash tizimi (14% IRR) ekanligi aniqlandi. Optimal portfel bo‘yicha umumiy

[17] Muallif ishlanmasi
[18] Muallif ishlanmasi

investitsiya hajmi 18,3 mlrd so‘mni tashkil etadi. Yillik qo‘shimcha daromad 5,1 mlrd so‘m, CO2 kamayishi 11,7 ming tonnani tashkil qiladi.

2-jadval.

Optimal portfel bo‘yicha umumiy natijalar[19]

Ko‘rsatkich	Qiymat	Izoh
Umumiy investitsiya	18 300 mln so‘m	4 ta loyiha bo‘yicha
Yillik qo‘shimcha daromad	5 100 mln so‘m	4 ta loyiha bo‘yicha
CO2 kamayishi	11 700 tonna/yil	Ekologik samara
O‘rtacha IRR	17,5%	Portfel bo‘yicha
Payback muddati	4,2 yil	O‘rtacha

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, matematik modellashtirish usullari yashil investitsiyalarni optimallashtirishda samarali vosita hisoblanadi. O‘zbekiston korxonalarida yashil loyihalarning iqtisodiy, ekologik va moliyaviy ko‘rsatkichlarini birgalikda baholash optimal investitsiya portfelini shakllantirish imkonini beradi.

Amaliy takliflar:

1. Yashil investitsiyalarni moliyalashtirishda matematik modellashtirish usullarini keng joriy etish;
2. Korxonalarda raqamli monitoring va ma'lumotlar tahlilini yo‘lga qo‘yish;
3. Davlat tomonidan yashil loyihalar uchun soliq imtiyozlari va kafolat mexanizmlarini kengaytirish;
4. Makro va mintaqaviy darajada “yashil” investitsiya portfellari bo‘yicha yagona raqamli platforma yaratish.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasi “Yashil iqtisodiyot” konsepsiyasi. – T.: 2019.
2. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi qarori, 2021-yil 21-iyun, №352.
3. Aliqoriyev, O., Nurmetova, M. “Yashil iqtisodiyot” – 2025.
4. World Bank. Green Finance and Sustainable Development. – 2021.
5. Xolmirzayev A., Raximov B. Matematik modellashtirish asoslari. – T.: 2020.
6. https://www.lex.uz – O‘zbekiston Respublikasi qonunlari va me'yoriy hujjatlari.

QURG‘OQCHILIK SHAROITIDA SUV RESURSLARINI TAQSIMLASHNING OPTIMAL MODELI

Xakimova Ma’mura Muxammadiyevna. Samarqand iqtisodiyot va servis instituti Oliy matematika kafedrasi assistenti. mamurah1983@gmail.com

[19] Muallif ishlanmasi

Annotatsiya. Maqolada iqlim o‘zgarishi va qurg‘oqchilik sharoitida cheklangan suv resurslarini qishloq xo‘jaligi, sanoat, aholi ehtiyoji va ekologik oqim kabi raqobatdosh iste’molchilar o‘rtasida optimal taqsimlash muammosi ko‘rib chiqilgan. Masala ustuvorlik koeffitsientlariga asoslangan chiziqli optimallashtirish modeli sifatida shakllantirilgan, uni yechish uchun ikki bosqichli (minimal ta’minot va qoldiq resursni proportsional taqsimlash) algoritm taklif etilgan. Suv resursi hajmini kelgusi davrlarga prognozlash uchun eng kichik kvadratlar usuliga asoslangan chiziqli regressiya qo‘llanilgan. Model shartli raqamli ma’lumotlar asosida sinovdan o‘tkazilgan, natijalar jadval va grafiklar orqali tahlil qilingan.

Kalit so‘zlar: suv resurslari, qurg‘oqchilik, optimal taqsimot, chiziqli dasturlash, ustuvorlik algoritmi, prognozlash.

Kirish. So‘nggi o‘n yilliklarda iqlim o‘zgarishi, o‘rtacha havo haroratining ko‘tarilishi va yog‘ingarchilik rejimining beqarorlashuvi natijasida ko‘plab mintaqalarda qurg‘oqchilik hodisalari tez-tez kuzatilmoqda. Bu holat suv resurslariga bo‘lgan talab bilan mavjud resurs hajmi o‘rtasidagi tafovutni kuchaytiradi va suv xo‘jaligi tizimlarini boshqarish oldiga yangi vazifalarni qo‘yadi.

Suv taqchilligi sharoitida iste’molchilar (qishloq xo‘jaligi, sanoat, aholi va ekologik tizim) o‘rtasida mavjud resursni qanday taqsimlash masalasi nafaqat iqtisodiy, balki ijtimoiy va ekologik ahamiyatga ham ega. Shu sababli suv resurslarini boshqarishning ilmiy asoslangan, shaffof va takrorlanuvchan optimallashtirish modellariga ehtiyoj yuqori.

Ushbu maqolaning maqsadi – qurg‘oqchilik sharoitida cheklangan suv resursini ustuvorlik va iqtisodiy-ijtimoiy ahamiyatni hisobga olgan holda optimal taqsimlash uchun matematik model va uni yechish algoritmini ishlab chiqish, shuningdek kelgusi davrlar uchun resurs hajmini prognozlash usulini keltirish va model ishlashini shartli raqamli misolda ko‘rsatishdan iborat.

Masalaning matematik qo‘yilishi. Suv iste’molchilarini $i = 1, 2, \ldots, n$ indeks bilan belgilaymiz (qishloq xo‘jaligi, sanoat, aholi ehtiyoji, ekologik oqim va h.k.). Har bir sektor uchun quyidagi ko‘rsatkichlar kiritiladi:

D_i – i-sektorning suvga bo‘lgan yillik talabi;

$x_{i,min}$ – i-sektor uchun minimal kafolatlangan hajm;

w_i – i-sektorning ustuvorlik (og‘irlik) koeffitsienti, $\Sigma w_i = 1$;

$Q(t)$ – t-davrda mavjud (prognoz qilingan) suv resursi hajmi;

x_i – qidirilayotgan o‘zgaruvchi: i-sektorga ajratiladigan suv hajmi.

Masala quyidagi chiziqli optimallashtirish (LP) masalasi sifatida shakllantiriladi:

Maksimallashtirish: $Z = \Sigma\, w_i \cdot x_i$

Cheklovlar: $\Sigma\, x_i \le Q(t)$

$x_{i,min} \le x_i \le D_i,\ \ x_i \ge 0$

Taklif etilayotgan algoritm ikki holatni (resurs yetarli va resurs yetarli emas) alohida ko‘rib chiqadi:

Sektorlar ustuvorlik koeffitsienti w_i bo‘yicha kamayish tartibida saralanadi; minimal hajmlar yig‘indisi hisoblanadi: $\Sigma x_{i,min.}$

Resurs yetarli holat ($Q(t) \geq \Sigma x_i,min$)

Barcha sektorlarga avval minimal hajm to‘liq ajratiladi. Qolgan resurs $R = Q(t) - \Sigma x_{i,min}$ qondirilmagan talab ($D_i - x_{i,min}$) va ustuvorlik og‘irligiga proportsional taqsimlanadi:

$\Delta xi = R \cdot \frac{[wi(Di - xi,min)]}{\Sigma[wj(Dj - xj,min)]}$ ada $x_i = x_{i,min} + \Delta x_i$, bunda $x_i \leq D_i$ shartiga rioya qilinadi (ortiqcha ajratish yuzaga kelsa, qoldiq boshqa sektorlarga qayta taqsimlanadi).

Resurs yetishmovchiligi holati ($Q(t) < \Sigma x_{i,min}$)

Bu – qurg‘oqchilikning og‘ir bosqichini ifodalaydi. Sektorlarga ustuvorlik tartibida ketma-ket minimal hajm to‘liq beriladi; resurs tugagan nuqtadagi sektorga qolgan hajm beriladi, undan pastroq ustuvorlikdagi sektorlarga esa 0 ajratiladi. Amaliyotda bu holatda ekologik va qonuniy cheklovlar (masalan, ekologik minimal oqimni qonun yo‘li bilan alohida himoya qilish) hisobga olinishi zarur.

Har bir sektor uchun qondirilish darajasi hisoblanadi:

$$S_i = \left(\frac{x_i}{D_i}\right) \times 100\%$$

Kelgusi davrlar uchun mavjud suv resursi hajmini Q(t) baholash uchun tarixiy kuzatishlar asosida eng kichik kvadratlar usuliga asoslangan oddiy chiziqli trend modeli qo‘llaniladi:

$$Q(t) = a + b \cdot t$$

bunda koeffitsientlar quyidagicha hisoblanadi ($\bar{t}$ va $\bar{Q}$ – davr va hajm o‘rtacha qiymatlari):

$$b = \frac{\Sigma(t - \bar{t})(Q - \bar{Q})}{\Sigma(t - \bar{t})^2};\ a = \bar{Q} - b \cdot \bar{t}$$

Chiziqli trend modeli soddaligi va shaffofligi bilan ajralib turadi, biroq gidrologik tebranishlarning barchasini qamrab olmaydi. Amaliy qo‘llanishda uni fasliy tebranishlarni hisobga oluvchi (masalan, ARIMA yoki gidrologik simulyatsiya) modellar bilan to‘ldirish tavsiya etiladi; ushbu maqolada uslubiyatni ko‘rgazmali qilish maqsadida chiziqli trend tanlab olindi.

Model ishlashini ko‘rsatish uchun shartli (namunaviy) ma’lumotlar asosida hisob-kitob keltirilgan. 1-jadvalda to‘rtta sektor bo‘yicha kirish ma’lumotlari berilgan.

1-jadval. Sektorlar bo‘yicha talab, minimal ta’minot va ustuvorlik koeffitsientlari

Sektor	**Talab, D_i (mln.m³)**	**Minimal hajm (mln.m³)**	**Ustuvorlik, w_i**
Aholi ehtiyoji	95	95	0.35

Sektor	Talab, D_i (mln.m³)	Minimal hajm (mln.m³)	Ustuvorlik, w_i
Qishloq xo‘jaligi	420	250	0.30
Sanoat	180	120	0.25
Ekologik oqim	60	45	0.10
Jami	755	510	1.00

2016–2025-yillardagi kuzatilgan suv resursi hajmi asosida hisoblangan regressiya koeffitsientlari: a ≈ 708.03, b ≈ −20.55. Bu shuni ko‘rsatadiki, mavjud tendensiya davom etsa, o‘rtacha yiliga suv resursi hajmi taxminan 20.5 mln.m³ ga kamayadi. Shu asosda 2026–2030-yillar uchun prognoz qiymatlar 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval. Suv resursining tarixiy dinamikasi (2016–2025) va prognoz qiymatlari (2026–2030)

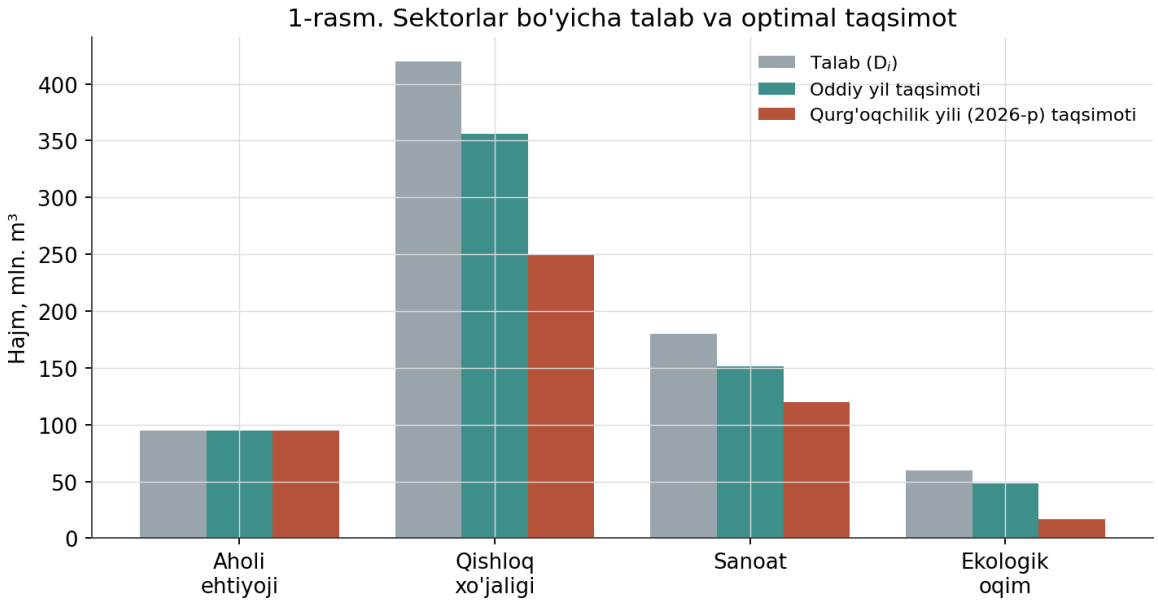
Yil	Turi	Hajm, mln.m³
2016	Tarixiy	680
2017	Tarixiy	655
2018	Tarixiy	670
2019	Tarixiy	630
2020	Tarixiy	600
2021	Tarixiy	590
2022	Tarixiy	560
2023	Tarixiy	540
2024	Tarixiy	520
2025	Tarixiy	505
2026	Prognoz	482
2027	Prognoz	461
2028	Prognoz	441
2029	Prognoz	420
2030	Prognoz	400

Ikkita ssenariy solishtirildi: (1) “oddiy yil” – Q = 650 mln.m³ (tarixiy o‘rtachaga yaqin daraja, resurs $\Sigma x_{i,min}$ = 510 mln.m³ dan yuqori, algoritmning 2-qadami qo‘llaniladi) va (2) “qurg‘oqchilik yili” – 2026-yil prognozi Q ≈ 482 mln.m³ (Σx_i,min dan past, algoritmning 3-qadami qo‘llaniladi). Ikkala holat uchun optimal taqsimot natijalari 3-jadvalda keltirilgan.

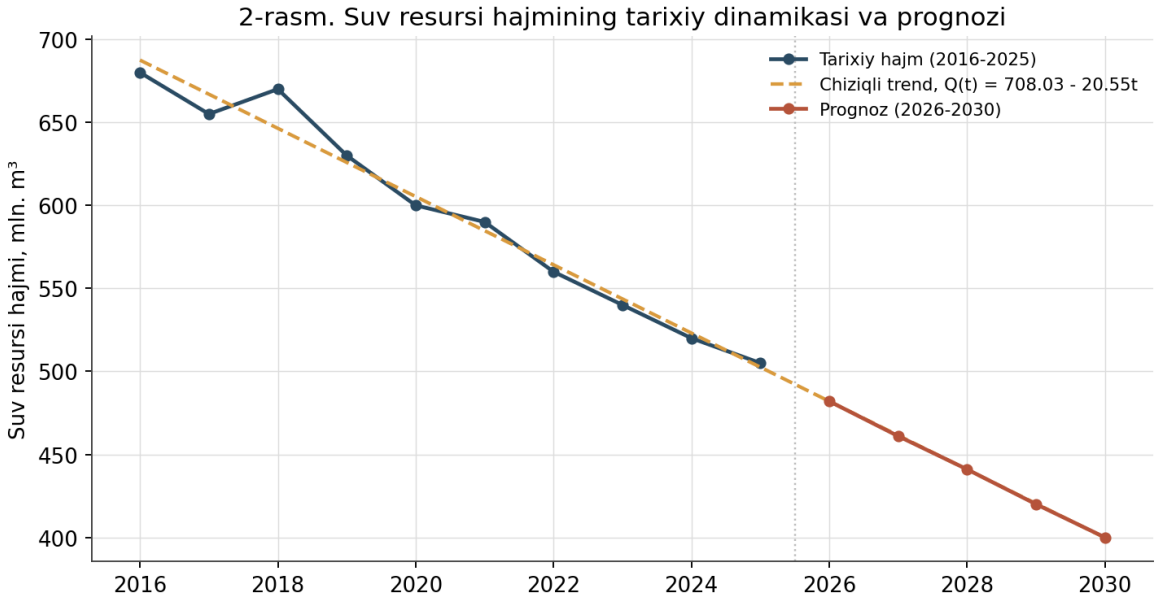
3-jadval. Ikki ssenariy bo‘yicha optimal taqsimot natijalari

Sektor	Talab	Oddiy yil: hajm	Oddiy yil: %	Qurg‘oqchilik: hajm	Qurg‘oqchilik: %
Aholi ehtiyoji	95	95.0	100%	95.0	100%
Qishloq xo‘jaligi	420	355.8	84.7%	250.0	59.5%
Sanoat	180	151.1	83.9%	120.0	66.7%
Ekologik oqim	60	48.1	80.2%	17.0	28.3%
Jami	755	650.0	86.1%	482.0	63.8%

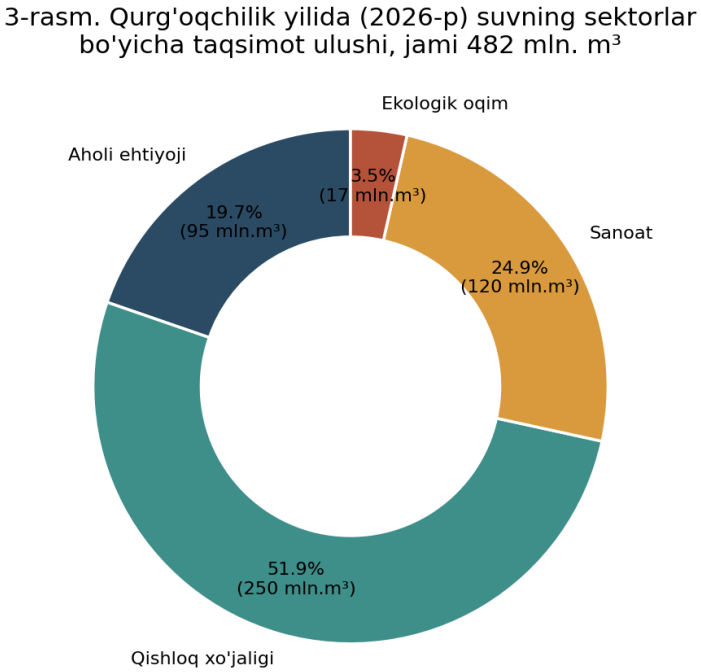
Natijalar tahlil qiladigan bo‘lsak:



1-rasmda ko‘rinib turibdiki, aholi ehtiyoji ikkala ssenariyda ham to‘liq qondiriladi – bu w_i = 0.35 bilan eng yuqori ustuvorlikka ega bo‘lgani va minimal hajmi talabga teng belgilanganligi bilan izohlanadi. Qurg‘oqchilik yilida eng katta nisbiy yo‘qotishni ekologik oqim (talabning atigi 28.3%i) va qishloq xo‘jaligi (59.5%i) ko‘radi.



2-rasmda tarixiy ma’lumotlar asosidagi kamayish tendensiyasi va 2026–2030-yillar uchun prognoz keltirilgan. Trend chizig‘ining barqaror pasayishi hududda qurg‘oqchilik omilining kuchayib borayotganini va suv resurslarini boshqarishda profilaktik chora-tadbirlar (suv tejash texnologiyalari, zaxira suv omborlari, talabni boshqarish) zarurligini ko‘rsatadi.



3-rasm qurg‘oqchilik yilida mavjud 482 mln.m³ suvning sektorlar bo‘yicha taqsimot ulushini ko‘rsatadi. Qishloq xo‘jaligi eng katta hajmni (51.9%) olsa-da, bu o‘z talabining atigi 59.5%ini tashkil qiladi – bu sohaning suv sarfini kamaytiruvchi (tomchilatib sug‘orish, suv tejovchi ekinlar) texnologiyalarga o‘tish zarurligini asoslaydi.

Maqolada qurg‘oqchilik sharoitida cheklangan suv resurslarini raqobatdosh iste’molchilar o‘rtasida taqsimlashning matematik modeli va uni yechishning ustuvorlikka asoslangan ikki bosqichli algoritmi taklif etildi. Model chiziqli optimallashtirish tamoyillariga asoslangan bo‘lib, minimal kafolatlangan hajmlarni va sektorlar ustuvorligini bir vaqtda hisobga olish imkonini beradi. Suv resursi hajmini prognozlash uchun oddiy chiziqli regressiya qo‘llanildi, bu uzoq muddatli rejalashtirish uchun boshlang‘ich asos bo‘la oladi.

Shartli raqamli misol shuni ko‘rsatdiki, qattiq taqchillik sharoitida past ustuvorlikka ega sektorlar (xususan, ekologik oqim) eng katta yo‘qotishni ko‘radi - bu amaliyotda ekologik minimal chegaralarni qonuniy jihatdan alohida himoya qilish zarurligini ko‘rsatadi. Keyingi tadqiqotlar yo‘nalishi sifatida ko‘p davrli dinamik optimallashtirish, stoxastik (ehtimoliy) prognozlash usullari va iqlim ssenariylarini modelga integratsiya qilish tavsiya etiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Loucks D.P., van Beek E. Water Resource Systems Planning and Management: An Introduction to Methods, Models and Applications. – Springer.

2. Hillier F.S., Lieberman G.J. Introduction to Operations Research. – McGraw-Hill.

3. Taha H.A. Operations Research: An Introduction. – Pearson.

4. FAO (Birlashgan Millatlar Tashkilotining Oziq-ovqat va qishloq xo‘jaligi tashkiloti). Suv resurslarini boshqarish va qishloq xo‘jaligida barqarorlik bo‘yicha umumiy hisobot materiallari.

YASHIL INVESTITSIYA LOYIHALARINI TANLASHDA KO‘P MEZONLI QAROR QABUL QILISH USULLARI

Usanov Kamoliddin Xolboyevich. Samarqand iqtisodiyot va servis instituti
«Oliy matematika» kafedrasi o‘qituvchisi

Annotatsiya: Maqolada ekologik va yashil investitsiya loyihalarini baholash uchun tahlil iyerarxiyasi usuli (AHP) va TOPSIS usullarini birgalikda qo‘llash metodikasi bayon etilgan. AHP mezonlar vaznini, TOPSIS esa muqobillar reytingini aniqlaydi. Metodikaning bosqichlari, formulalari va sezgirlik tahlili berilgan.

Kalit so‘zlar: ko‘p mezonli tahlil, AHP, TOPSIS, yashil investitsiya, ekspert baholash

Kirish: Yashil iqtisodiyotga o‘tish jarayonida davlat va xususiy sektor ko‘plab loyihalar o‘rtasida tanlov qilishga majbur bo‘ladi: quyosh va shamol elektr stansiyalari, biogaz qurilmalari, chiqindilarni qayta ishlash korxonalari, suvni tejovchi sug‘orish tizimlari va boshqalar. Resurslar cheklangan bo‘lgani

uchun qaysi loyihani birinchi navbatda moliyalashtirish kerakligi masalasi dolzarb bo‘lib qoladi.

An'anaviy moliyaviy ko‘rsatkichlar (sof joriy qiymat, ichki daromad normasi) yashil loyihalarning ekologik va ijtimoiy foydasini to‘liq aks ettirmaydi. Shu sababli tanlov masalasi bir vaqtning o‘zida bir nechta, ba'zan bir-biriga zid mezonlar bo‘yicha baholanadigan ko‘p mezonli qaror qabul qilish masalasi sifatida qaraladi.

2. Mezonlar vaznini AHP usuli bilan aniqlash

Tahlil iyerarxiyasi usuli T. Saaty tomonidan taklif etilgan bo‘lib, murakkab masalani maqsad, mezonlar va muqobillar darajalariga ajratadi. Ekspertlar mezonlarni juft-juft taqqoslab, 1 dan 9 gacha shkala bo‘yicha baho beradi va n × n o‘lchamli juft taqqoslash matritsasi $A = (a_{ij})$ tuziladi. Matritsa teskari simmetriya shartiga bo‘ysunadi: $a_{ji} = 1/a_{ij},\ a_{ii} = 1$.

Mezonlar vazni vektori w matritsaning eng katta xos qiymatiga mos xos vektor sifatida topiladi:

$$A\,w = \lambda_{\max} w, \qquad \sum_{i=1}^{n} w_i = 1$$

Ekspert mulohazalarining izchilligi izchillik indeksi va nisbati orqali tekshiriladi:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1}, \qquad CR = \frac{CI}{RI}$$

bu yerda RI – tasodifiy indeks (Saaty jadvaliga ko‘ra n = 4 uchun 0,90, n = 5 uchun 1,12). Agar $CR < 0{,}1$ bo‘lsa, baholar qabul qilinadi, aks holda ekspertlardan taqqoslashlarni qayta ko‘rib chiqish so‘raladi. Amalda vaznlarni yaqinlashtirib hisoblash uchun matritsa ustunlarini me'yorlashtirib, satrlar bo‘yicha o‘rtacha olish usulidan ham foydalaniladi.

3. Muqobillarni TOPSIS usuli bilan tartiblash

TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) usulining g‘oyasi shundan iboratki, eng yaxshi muqobil ideal yechimga eng yaqin va ideal bo‘lmagan yechimdan eng uzoq bo‘lishi kerak. Muqobillarning mezonlar bo‘yicha qiymatlaridan iborat qaror matritsasi $X = (x_{ij})$ berilgan bo‘lsin, bu yerda i – muqobil, j – mezon. Algoritm quyidagi bosqichlardan iborat.

Birinchi bosqichda matritsa me'yorlashtiriladi va vaznlar bilan ko‘paytiriladi:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_i x_{ij}^2}}, \qquad v_{ij} = w_j\, r_{ij}$$

Ikkinchi bosqichda ideal (A^+) va noideal (A^-) yechimlar aniqlanadi: foyda mezonlari uchun eng katta, xarajat mezonlari uchun eng kichik qiymat ideal hisoblanadi. Uchinchi bosqichda har bir muqobildan ideal va noideal yechimgacha Evklid masofalari topiladi:

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_j \left(v_{ij} - v_j^+\right)^2}, \qquad D_i^- = \sqrt{\sum_j \left(v_{ij} - v_j^-\right)^2}$$

To‘rtinchi bosqichda ideal yechimga nisbiy yaqinlik hisoblanadi va muqobillar kamayish tartibida joylashtiriladi:

$$C_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-}, \qquad 0 \le C_i \le 1$$

4. Birgalikda qo‘llash va sezgirlik tahlili

Taklif etilayotgan metodikada mezonlar guruhi sifatida moliyaviy (investitsiya hajmi, qoplanish muddati), ekologik (emissiyani kamaytirish, resurs tejash), ijtimoiy (yangi ish o‘rinlari) va texnologik-risk (texnologiya tayyorligi, bozor xavfi) ko‘rsatkichlari olinadi. AHP vaznlarni subyektiv, lekin tartibli va tekshiriladigan shaklda beradi, TOPSIS esa miqdoriy ma'lumotlarni umumlashtirib, yagona reyting hosil qiladi.

Natijalarning ishonchliligini baholash uchun sezgirlik tahlili o‘tkaziladi: har bir mezon vazni ma'lum oraliqda o‘zgartirilib, muqobillar tartibi qanchalik barqaror ekani kuzatiladi. Agar reyting yetakchisi vazn o‘zgarganda ham saqlansa, qaror ishonchli deb hisoblanadi. Aks holda qo‘shimcha ekspert baholari yoki mezonlar tarkibini aniqlashtirish talab etiladi. Hisob-kitoblarni elektron jadvallarda yoki dasturlash muhitida avtomatlashtirish qaror qabul qilish jarayonini tezlashtiradi va tekshirish imkonini beradi.

5. Xulosa

Maqolada AHP va TOPSIS usullarini bosqichma-bosqich birlashtirish asosida yashil investitsiya loyihalarini tanlash metodikasi bayon etildi. Yondashuv ekologik omillarni moliyaviy omillar bilan bir qatorda hisobga oladi, qarorlarning shaffofligini oshiradi va hududiy hokimiyat organlari, banklar hamda investorlar tomonidan yashil kreditlarni ajratishda amaliy qo‘llanilishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Saaty T.L. The Analytic Hierarchy Process. – New York: McGraw-Hill, 1980.
2. Saaty T.L. How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process // European Journal of Operational Research, 1990, 48(1), 9–26.
3. Hwang C.L., Yoon K. Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications. – Berlin: Springer, 1981.
4. Triantaphyllou E. Multi-Criteria Decision Making Methods: A Comparative Study. – Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000.
5. Opricovic S., Tzeng G.-H. Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS // European Journal of Operational Research, 2004, 156(2), 445–455.

6. Behzadian M., Otaghsara S.K., Yazdani M., Ignatius J. A state-of-the-art survey of TOPSIS applications // Expert Systems with Applications, 2012, 39(17), 13051–13069.

MASHINAVIY O‘QITISH ASOSIDA SHAHAR HAVOSI SIFATI KO‘RSATKICHLARINI (PM2.5) PROGNOZLASH

Usanov Kamoliddin Xolboyevich. Samarqand iqtisodiyot va servis instituti
«Oliy matematika» kafedrasi o‘qituvchisi

Annotatsiya: Maqolada shahar havosidagi mayda zarrachalar (PM2.5) konsentratsiyasini bashoratlash uchun tasodifiy o‘rmon va gradiyent busting usullari ko‘rib chiqiladi. Ma'lumotlarni tayyorlash, belgilarni shakllantirish, vaqt bo‘yicha o‘zaro tekshiruv va sifat ko‘rsatkichlari bayon etilgan, natijalarni raqamli panelda ko‘rsatish yo‘llari taklif qilingan.

Kalit so‘zlar: havo sifati, PM2.5, mashinaviy o‘qitish, tasodifiy o‘rmon, gradiyent busting, prognozlash

Kirish: Havo ifloslanishi katta shaharlarda aholi salomatligiga ta'sir qiluvchi asosiy ekologik omillardan biridir. Ayniqsa, diametri 2,5 mikrondan kichik zarrachalar (PM2.5) nafas yo‘llariga chuqur kirib borishi bilan xavfli hisoblanadi. Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti 2021-yilda yangilangan ko‘rsatmalarida PM2.5 uchun yillik o‘rtacha 5 mkg/m³ va sutkalik 15 mkg/m³ chegaralarini tavsiya etgan.

Konsentratsiyani oldindan bilish ogohlantirish choralarini o‘z vaqtida ko‘rish, transport va sanoat faoliyatini tartibga solish imkonini beradi. Sensorlar tarmog‘i orqali to‘planadigan katta hajmli ma'lumotlar mashinaviy o‘qitish usullarini qo‘llash uchun asos yaratadi. Ushbu ishda shunday prognoz tizimini qurish metodikasi ko‘rib chiqiladi.

2. Ma'lumotlar va belgilarni shakllantirish

Prognoz modeli uchun kirish o‘zgaruvchilari bir necha guruhga bo‘linadi: meteorologik ko‘rsatkichlar (harorat, nisbiy namlik, shamol tezligi va yo‘nalishi, atmosfera bosimi, yog‘ingarchilik), antropogen omillar (transport oqimi zichligi, isitish mavsumi, sanoat faoliyati), vaqt belgilari (soat, hafta kuni, oy) va avvalgi davrlardagi PM2.5 qiymatlari.

Avtomatik stansiyalardan keladigan qatorlarda bo‘sh qiymatlar va keskin chetga chiquvchi qiymatlar uchraydi. Qisqa uzilishlar chiziqli interpolyatsiya bilan to‘ldiriladi, noreal o‘lchovlar esa fizik chegaralar va qo‘shni stansiyalar bilan solishtirish orqali aniqlanadi. Vaqt qatorlari uchun muhim bo‘lgan lag belgilar (t−1, t−24 soat) va harakatlanuvchi o‘rtachalar qo‘shiladi. Davriy o‘zgaruvchilar (soat, oy) sinus va kosinus orqali kodlanadi, shunda 23-soat va 0-soat bir-biriga yaqin ekani model uchun aniq bo‘ladi. Belgilar o‘rtacha va standart og‘ish bo‘yicha me'yorlashtiriladi.

3. Modellar va sifat mezonlari

Tasodifiy o‘rmon (Random Forest) usuli bir-biridan mustaqil B ta qaror daraxtini bootstrap tanlanmalarda o‘qitadi va ularning bashoratini o‘rtachalaydi:

$$\hat{y}(x) = \frac{1}{B}\sum_{b=1}^{B} T_b\,(x)$$

Bu usul ortiqcha moslashishga chidamli va belgilar muhimligini baholash imkonini beradi. Gradiyent busting esa daraxtlarni ketma-ket qo‘shib, har bir yangi daraxt oldingi modelning xatolarini tuzatishga o‘rgatiladi:

$$F_m(x) = F_{m-1}(x) + \nu\, h_m(x)$$

bu yerda h_m – m-qadamdagi zaif model, ν – o‘rganish tezligi (kichik qiymatlar barqarorlikni oshiradi). Modellar sifati o‘rtacha mutlaq xatolik, o‘rtacha kvadratik xatolik va aniqlik koeffitsienti bilan baholanadi:

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|y_i - \hat{y}_i|\,, \qquad RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2}$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2}$$

Vaqt qatorlarida ma'lumotlarni tasodifiy ravishda o‘quv va test qismlariga bo‘lish noto‘g‘ri, chunki model kelajak ma'lumotlaridan foydalanib qoladi. Shu sababli kengayuvchi oyna asosidagi vaqtga bog‘liq o‘zaro tekshiruv qo‘llaniladi: har bir qadamda model o‘tmish ma'lumotlarida o‘qitiladi va undan keyingi davrda sinaladi.

4. Natijalarni raqamli tizimda joriy etish

Daraxtga asoslangan ansambl usullari odatda chiziqli regressiyaga qaraganda nochiziqli bog‘liqliklarni, masalan, shamol tezligining past qiymatlarida zarrachalar to‘planib qolishini yaxshiroq ushlaydi. Model xatolari sinaladigan davrlar bo‘yicha alohida tahlil qilinadi: isitish mavsumi va chang bo‘ronlari paytida xatolik ortishi mumkin, bu qo‘shimcha belgilar kiritish zaruratini bildiradi.

Amaliy joriy etishda to‘rt qismdan iborat tizim taklif etiladi: sensorlardan ma'lumot yig‘ish moduli, ma'lumotlar bazasi, prognoz xizmati (API) va interaktiv xarita-panel. Panel keyingi 24–48 soat uchun bashoratni, ruxsat etilgan chegaralardan oshish ehtimolini ko‘rsatadi va aholiga xabarnomalar yuboradi. Model davriy ravishda yangi ma'lumotlarda qayta o‘qitiladi, shunda iqlim va shahar sharoitidagi o‘zgarishlar hisobga olinadi.

5. Xulosa

Mashinaviy o‘qitish usullari PM2.5 konsentratsiyasini qisqa muddatli bashoratlashda samarali vosita ekanligi ko‘rsatildi. Muvaffaqiyatning asosiy sharti – sifatli ma'lumot tayyorlash, vaqtga mos tekshirish va natijalarni foydalanuvchilarga qulay raqamli shaklda yetkazishdir. Kelgusida sun'iy

yo‘ldosh ma'lumotlarini va transport sensorlarini qo‘shish prognoz aniqligini oshirishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Breiman L. Random forests // Machine Learning, 2001, 45(1), 5–32.
2. Friedman J.H. Greedy function approximation: a gradient boosting machine // Annals of Statistics, 2001, 29(5), 1189–1232.
3. Chen T., Guestrin C. XGBoost: A scalable tree boosting system // Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, 2016, 785–794.
4. Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. The Elements of Statistical Learning. – New York: Springer, 2009.
5. Pedregosa F. va boshq. Scikit-learn: Machine learning in Python // Journal of Machine Learning Research, 2011, 12, 2825–2830.
6. World Health Organization. WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. – Geneva: WHO, 2021.

QUYOSH ELEKTR STANSIYALARI ISHLAB CHIQARISHINI VAQT QATORLARI VA LSTM TARMOQLARI BILAN PROGNOZLASH

Usanov Kamoliddin Xolboyevich. Samarqand iqtisodiyot va servis institute «Oliy matematika» kafedrasi o‘qituvchisi

Annotatsiya: Maqolada quyosh elektr stansiyalari quvvatini qisqa muddatli bashoratlash uchun ARIMA modeli va uzoq-qisqa muddatli xotira (LSTM) neyron tarmog‘i taqqoslanadi. Ma'lumotlarni tayyorlash, tarmoq tuzilishi, sifat mezonlari va natijalarni energiya tizimi boshqaruvida qo‘llash masalalari yoritilgan.

Kalit so‘zlar: qayta tiklanuvchi energiya, quyosh energiyasi, LSTM, ARIMA, vaqt qatorlari, prognoz

Kirish: Qayta tiklanuvchi energiya manbalarining ulushi oshgani sayin energiya tizimining barqarorligi ishlab chiqarish hajmini to‘g‘ri bashorat qilishga bog‘liq bo‘lib boradi. Quyosh stansiyalarining quvvati bulutlilik, havo harorati, changlanish va yil fasliga qarab keskin o‘zgaradi. Prognoz xatosi katta bo‘lsa, tarmoq operatorlari zaxira quvvatni, ko‘pincha qazib olinadigan yoqilg‘ida ishlovchi stansiyalarni, ortiqcha saqlashga majbur bo‘ladi.

Shuning uchun aniq prognoz yashil iqtisodiyotning ham ekologik, ham iqtisodiy maqsadlariga xizmat qiladi: u yoqilg‘i sarfini va emissiyani kamaytiradi. Maqolada ikki yondashuv, ya'ni klassik statistik va chuqur o‘qitishga asoslangan usullar solishtiriladi.

2. Klassik yondashuv: ARIMA modeli

Box va Jenkins tomonidan ishlab chiqilgan ARIMA(p, d, q) modeli vaqt qatorini o‘tmishdagi qiymatlari va tasodifiy xatolarning chiziqli kombinatsiyasi sifatida tavsiflaydi. Qator statsionar bo‘lishi uchun d marta ayirma olinadi:

$$\varphi(L)\,(1-L)^d\,y_t = \theta(L)\,\varepsilon_t$$

bu yerda L – kechikish operatori, φ(L) va θ(L) – avtoregressiya va harakatlanuvchi o‘rtacha ko‘phadlari, ε□ – oq shovqin. Quyosh generatsiyasida kunlik mavsumiylik kuchli bo‘lgani uchun mavsumiy SARIMA varianti qo‘llaniladi. Usulning afzalligi – sodda tuzilishi va natijalarning izohlanuvchanligi; kamchiligi esa nochiziqli va tez o‘zgaruvchan jarayonlar, masalan, bulutlarning keskin paydo bo‘lishini yaxshi tavsiflay olmasligidir.

3. LSTM tarmog‘i va ma'lumotlarni tayyorlash

Hochreiter va Shmidxuber taklif etgan LSTM (Long Short-Term Memory) takroriy neyron tarmog‘ining turi bo‘lib, uzoq muddatli bog‘liqliklarni xotirada saqlash qobiliyatiga ega. Har bir yacheykada axborot oqimi uchta eshik orqali boshqariladi:

$$f_t = \sigma\big(W_f \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_f\big)$$
$$i_t = \sigma(W_i \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_i)$$
$$o_t = \sigma(W_o \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_o)$$

Bu yerda f□ – unutish, i□ – kiritish, o□ – chiqarish eshiklari, σ – sigmoid funksiya. Yacheyka holati va chiqish qiymati quyidagicha yangilanadi:

$$\tilde{c}_t = \tanh(W_c \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_c)$$
$$c_t = f_t \odot c_{t-1} + i_t \odot \tilde{c}_t, \qquad h_t = o_t \odot \tanh(c_t)$$

Kirish ma'lumotlari sifatida quyosh nurlanishi, harorat, namlik, bulutlilik prognozi va soatlik generatsiya tarixi beriladi. Mavsumiy va kunlik ta'sirni kamaytirish uchun generatsiya ochiq osmon sharoitidagi nazariy qiymatga bo‘linib, ochiq osmon indeksi hisoblanadi: $k_t = G_t / G_{\text{ochiq}}$. Kechasi nol qiymatlar prognozdan chiqarib tashlanadi. Tarmoq Adam optimallashtiruvchisi bilan o‘qitiladi, ortiqcha moslashishning oldini olish uchun dropout va erta to‘xtatish qo‘llaniladi.

4. Modellarni solishtirish va qo‘llash

Modellar sifati MAE va RMSE ko‘rsatkichlari, shuningdek, oddiy «ustuvorlik» (persistence) prognoziga nisbatan mahorat koeffitsienti bilan baholanadi:

$$s = 1 - \frac{RMSE_{\text{model}}}{RMSE_{\text{persistence}}}$$

Agar s > 0 bo‘lsa, model eng sodda bazaviy usuldan yaxshiroq hisoblanadi. Odatda mavsumiy ARIMA aniq, bulutsiz kunlarda yaxshi natija beradi, LSTM esa o‘zgaruvchan bulutli sharoitda ustunlikka ega. Shu sababli amaliyotda ikkala modelni birlashtirish, ya'ni ansambl prognoz ham maqbul variant hisoblanadi.

Aniq prognoz tarmoq operatoriga zaxira quvvatni kamroq saqlash, akkumulyator zaryadini rejalashtirish va elektr energiyasi bozorida savdo qarorlarini asoslash imkonini beradi. Bu quyosh energiyasining tarmoqqa

integratsiyasini osonlashtirib, qazib olinadigan yoqilg‘iga bo‘lgan ehtiyojni va emissiyani kamaytiradi.

5. Xulosa

Ish davomida quyosh generatsiyasini bashoratlashning klassik va neyron tarmoq usullari ko‘rib chiqildi. LSTM nochiziqli va o‘zgaruvchan sharoitda afzallikka ega bo‘lsa-da, ARIMA o‘zining soddaligi va tushunarliligi bilan qimmatlidir. Eng yaxshi natija odatda ikkala yondashuvni birlashtirish va prognozni meteorologik ma'lumotlar bilan boyitish orqali olinadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long Short-Term Memory // Neural Computation, 1997, 9(8), 1735–1780.
2. Gers F.A., Schmidhuber J., Cummins F. Learning to forget: continual prediction with LSTM // Neural Computation, 2000, 12(10), 2451–2471.
3. Box G.E.P., Jenkins G.M., Reinsel G.C. Time Series Analysis: Forecasting and Control. – Hoboken: Wiley, 2008.
4. Hyndman R.J., Athanasopoulos G. Forecasting: Principles and Practice. – Melbourne: OTexts, 2018.
5. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. – Cambridge: MIT Press, 2016.
6. Antonanzas J., Osorio N., Escobar R., Urraca R., Martinez-de-Pison F.J., Antonanzas-Torres F. Review of photovoltaic power forecasting // Solar Energy, 2016, 136, 78–111.
7. Kingma D.P., Ba J. Adam: A method for stochastic optimization // arXiv:1412.6980, 2014.

YERLAR DEGRADATSIYASINI GIS VA MASOFAVIY ZONDLASH ASOSIDA MONITORING QILISH

Usanov Kamoliddin Xolboyevich. Samarqand iqtisodiyot va servis instituti
«Oliy matematika» kafedrasi o‘qituvchisi

Annotatsiya: Maqolada sun'iy yo‘ldosh tasvirlari va geoaxborot tizimlari yordamida o‘simlik qoplamining ko‘p yillik o‘zgarishini baholash usullari yoritiladi. NDVI va SAVI indekslari, Mann–Kendall trend testi va Sen qiyaligi asosida degradatsiya xavfi hududlarini ajratish metodikasi bayon etilgan.

Kalit so‘zlar: GIS, masofaviy zondlash, NDVI, yer degradatsiyasi, trend tahlili, monitoring

Kirish: Tuproq degradatsiyasi va cho‘llanish katta hududlarda sekin kechuvchi jarayon bo‘lib, uni faqat dala kuzatuvlari bilan to‘liq qamrab olish qiyin va qimmat. Sun'iy yo‘ldoshlar orqali masofaviy zondlash bu muammoni muntazam, arzon va keng qamrovli monitoring bilan hal qilish imkonini beradi.

Geoaxborot tizimlari (GIS) esa turli qatlamlarni, ya'ni tuproq, relyef, iqlim va aholi zichligi ma'lumotlarini bir joyda birlashtirib tahlil qilishga yordam beradi.

Maqolada o‘simlik indekslari va statistik trend usullariga asoslangan degradatsiya monitoringi metodikasi ko‘rib chiqiladi.

2. O‘simlik indekslari

O‘simlik qoplamining holatini baholashda eng keng tarqalgan ko‘rsatkich normallashtirilgan o‘simlik indeksi (NDVI) hisoblanadi. U sog‘lom o‘simlikning yaqin infraqizil nurni kuchli qaytarishi va qizil nurni yutishiga asoslanadi:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

Bu yerda NIR va RED mos ravishda yaqin infraqizil va qizil spektr diapazonlaridagi qaytarilish koeffitsientlari (Landsat 8 da 5- va 4-kanallar, Sentinel-2 da 8- va 4-kanallar). Indeks −1 dan +1 gacha o‘zgaradi: suv va yalang‘och tuproqda qiymatlar nolga yaqin yoki manfiy, zich o‘simlik qoplamida esa yuqori bo‘ladi.

O‘simlik siyrak bo‘lgan quruq hududlarda tuproq fonining ta'siri kuchli bo‘lgani uchun tuproq ta'siri tuzatilgan indeks (SAVI) ishlatiladi:

$$SAVI = \frac{(1 + L)\,(NIR - RED)}{NIR + RED + L}, \qquad L \approx 0{,}5$$

bu yerda L – tuproq fonini tuzatish koeffitsienti. Indekslar bulut va soyadan tozalangan, atmosfera ta'siri tuzatilgan tasvirlardan hisoblanadi; mavsumiy farqni yo‘qotish uchun har yili bir xil fenologik davr, masalan, o‘sish mavsumining eng yuqori oylari uchun maksimal yoki o‘rtacha qiymatlar olinadi.

3. Trend tahlili: Mann–Kendall testi va Sen qiyaligi

Ko‘p yillik indekslar qatori asosida har bir piksel uchun trend statistik jihatdan baholanadi. Parametrik bo‘lmagan Mann–Kendall testi qatorning taqsimoti haqida faraz talab qilmaydi va chetga chiquvchi qiymatlarga chidamli. Test statistikasi quyidagicha:

$$S = \sum_{i<j} \operatorname{sgn}\left(x_j - x_i\right), \qquad \operatorname{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18}$$

Standartlashtirilgan Z qiymati ahamiyatlilik darajasi (masalan, 0,05) bilan solishtiriladi. Trendning kattaligi Sen qiyaligi orqali baholanadi, ya'ni barcha juftliklar bo‘yicha o‘zgarish tezligining medianasi olinadi:

$$Q = \operatorname{median}\left(\frac{x_j - x_i}{j - i}\right), \qquad i < j$$

Manfiy va statistik ahamiyatli Q qiymatiga ega piksellar o‘simlik qoplamining yomonlashishi, ya'ni potensial degradatsiya hududlari sifatida ajratiladi. Ko‘p yillik qatorlarni qayta ishlash uchun Google Earth Engine kabi bulutli platformalar katta hajmli tasvirlarni kompyuterga yuklamasdan tahlil qilish imkonini beradi.

4. GIS muhitida fazoviy tahlil va qo‘llash

Trend xaritasi GIS muhitida qo‘shimcha qatlamlar bilan birlashtiriladi: tuproq turi va sho‘rlanish darajasi, relyef nishabligi, sug‘orish manbalaridan

masofa, yerdan foydalanish turi va aholi zichligi. Qatlamlarni ustma-ust qo‘yish va vaznli yig‘indi orqali degradatsiya xavfi indeksi hisoblanadi. Xavf omillarini baholashda ko‘p mezonli usullar (masalan, AHP) ham qo‘llanishi mumkin.

Olingan xaritalar yerdan foydalanishni rejalashtirishda, himoya o‘rmon polosalari va fitomelioratsiya tadbirlari uchun hududlarni tanlashda, sug‘orish tizimlarini modernizatsiya qilishda ustuvorliklarni belgilashda ishlatiladi. Muhim jihat shundaki, tahlil natijalarini dala tekshiruvlari bilan tasdiqlash zarur: tanlangan nuqtalarda o‘simlik qoplami va tuproq ko‘rsatkichlari o‘lchanib, sun'iy yo‘ldosh asosidagi baholar bilan solishtiriladi.

Raqamlashtirish nuqtayi nazaridan metodika muntazam avtomatlashtirilgan monitoringga aylantirilishi mumkin: yangi tasvirlar paydo bo‘lishi bilan indekslar yangilanadi, o‘zgarishlar ma'lum chegaradan oshganda mas'ul tashkilotlarga ogohlantirish yuboriladi.

5. Xulosa

Masofaviy zondlash, o‘simlik indekslari va parametrik bo‘lmagan trend usullari yerlar degradatsiyasini katta hududlarda arzon va ob'ektiv monitoring qilish imkonini beradi. GIS bilan integratsiya tahlilni fazoviy ma'lumotlar asosidagi qarorlarga aylantiradi. Bu yondashuv yashil iqtisodiyotda yer resurslaridan barqaror foydalanishni ilmiy asoslash uchun muhim vositadir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Rouse J.W., Haas R.H., Schell J.A., Deering D.W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS // Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, NASA SP-351, 1974, 309–317.
2. Tucker C.J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation // Remote Sensing of Environment, 1979, 8(2), 127–150.
3. Huete A.R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI) // Remote Sensing of Environment, 1988, 25(3), 295–309.
4. Mann H.B. Nonparametric tests against trend // Econometrica, 1945, 13(3), 245–259.
5. Kendall M.G. Rank Correlation Methods. – London: Charles Griffin, 1975.
6. Gorelick N., Hancher M., Dixon M., Ilyushchenko S., Thau D., Moore R. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone // Remote Sensing of Environment, 2017, 202, 18–27.
7. Lillesand T., Kiefer R.W., Chipman J. Remote Sensing and Image Interpretation. – Hoboken: Wiley, 2015.

AYLANMA IQTISODIYOTDA CHIQINDI OQIMLARINI KIRISH–CHIQISH BALANSI MODELI ASOSIDA TAHLIL QILISH

Usanov Kamoliddin Xolboyevich. Samarqand iqtisodiyot va servis instituti

«Oliy matematika» kafedrasi o‘qituvchisi

Annotatsiya: Maqolada Leontyevning tarmoqlararo balans modelining ekologik kengaytmasi asosida tarmoqlar o‘rtasidagi chiqindi oqimlarini baholash va qayta ishlashning umumiy chiqindi hajmiga ta'siri hisoblash metodikasi ko‘rsatiladi. Turli siyosat stsenariylarini taqqoslash formulalari keltirilgan.

Kalit so‘zlar: aylanma iqtisodiyot, kirish–chiqish modeli, Leontyev matritsasi, chiqindilar, resurs samaradorligi

Kirish: An'anaviy chiziqli iqtisodiy modelda resurs olinadi, mahsulot ishlab chiqariladi va foydalanilgandan so‘ng chiqindiga aylanadi. Aylanma iqtisodiyot esa mahsulot va materiallarning iloji boricha uzoq muddat xizmat qilishini, chiqindilar esa qayta ishlanib, yangi xomashyo sifatida iqtisodiy aylanishga qaytarilishini nazarda tutadi. Bunday o‘tish ekologik yukni kamaytiradi va birlamchi xomashyoga bog‘liqlikni pasaytiradi.

Aylanma iqtisodiyotni joriy etishda tarmoqlar o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlikni miqdoriy baholash zarur: bir tarmoqning chiqindisi boshqasi uchun resurs bo‘lishi mumkin, qayta ishlash tarmog‘ining kengayishi esa butun tizimga ta'sir qiladi. Shu masalani tahlil qilish uchun kirish–chiqish balansi modeli qulay vositadir.

2. Leontyev modeli va uning ekologik kengaytmasi

V. Leontyevning tarmoqlararo balans modeli iqtisodiyotni n ta tarmoqqa ajratadi. Har bir tarmoqning yalpi ishlab chiqarishi boshqa tarmoqlarning oraliq iste'moli va yakuniy talabni qoplashi kerak:

$$x = Ax + y, \qquad x = (E - A)^{-1} y$$

Bu yerda x – yalpi ishlab chiqarish vektori, A – to‘g‘ridan-to‘g‘ri xarajatlar koeffitsientlari matritsasi (a_i – j-tarmoq bir birlik mahsulot ishlab chiqarishi uchun i-tarmoq mahsulotining sarfi), y – yakuniy talab vektori, E – birlik matritsa. $(E - A)^{-1}$ matritsa Leontyev teskari matritsasi deb ataladi va yakuniy talab o‘zgarishining barcha tarmoqlarga, to‘g‘ridan-to‘g‘ri va bilvosita, ta'sirini ko‘rsatadi. Model mahsuldor bo‘lishi uchun A matritsaning spektral radiusi birdan kichik bo‘lishi kerak.

Ekologik kengaytmada har bir j-tarmoq uchun chiqindi hosil qilish koeffitsienti c (birlik mahsulotga to‘g‘ri keladigan chiqindi miqdori, tonnada) kiritiladi. Shunda umumiy chiqindi hajmi quyidagicha hisoblanadi:

$$w = c\,x = c\,(E - A)^{-1} y$$

3. Qayta ishlash tarmog‘ini modelga kiritish

Qayta ishlash tarmog‘i chiqindini ikkilamchi xomashyoga aylantirib, birlamchi resurs sarfini kamaytiradi. Faraz qilaylik, j-tarmoq birlamchi material sarfi koeffitsienti a_{mj}, ikkilamchi xomashyo bilan almashtirish ulushi esa θ bo‘lsin. Shunda yangilangan koeffitsientlar:

$$a'_{mj} = a_{mj}\,(1 - \theta_j), \qquad a'_{rj} = a_{rj} + \theta_j\, a_{mj}$$

bu yerda r – qayta ishlash tarmog‘i. Chiqindilar qayta ishlash tarmog‘iga resurs bo‘lib kirgani sababli, uning chiqindi koeffitsientlari ham modelda hisobga olinadi: qayta ishlash jarayonining o‘zi ham ma'lum miqdorda qoldiq hosil qiladi.

Yangilangan matritsa A' bilan umumiy chiqindi $w' = c'(E - A')^{-1}y$ ga teng bo‘ladi.

Qayta ishlashni joriy etishning chiqindiga ta'siri ikki stsenariy natijalari farqi sifatida baholanadi:

$$\Delta w = w' - w = c'(E - A')^{-1}y - c\,(E - A)^{-1}y$$

Manfiy Δw chiqindining qisqarganini bildiradi. Shuningdek, birlamchi xomashyoga talabning kamayishi x vektorining tegishli komponentalari bo‘yicha ko‘rinadi.

4. Siyosat stsenariylari va amaliy qo‘llash

Taklif etilgan metodika bir nechta stsenariyni solishtirish imkonini beradi: (a) qayta ishlash ulushi θ ni oshirish, (b) ekologik soliq natijasida c□ koeffitsientlarini kamaytirishga qaratilgan texnologik o‘zgarishlar, (c) yakuniy talab tarkibining o‘zgarishi, masalan, ta'mirlash va ijara xizmatlarining ulushi oshishi. Har bir stsenariy uchun umumiy chiqindi, birlamchi xomashyo sarfi va tarmoqlar bo‘yicha ishlab chiqarish hajmlari hisoblanadi.

Modelning kuchli tomoni – soddaligi va rasmiy statistika ma'lumotlaridan, ya'ni tarmoqlararo balans jadvallaridan to‘g‘ridan-to‘g‘ri foydalana olishidir. Kamchiliklari ham mavjud: koeffitsientlar o‘zgarmas deb olinadi, narxlar ta'siri va ishlab chiqarish quvvatlaridagi cheklovlar hisobga olinmaydi. Shu sababli natijalar yo‘nalish va tartib haqida tasavvur beradi, aniq prognoz sifatida talqin qilinmasligi kerak.

Model hududiy darajada yoki sanoat klasterlari doirasida qo‘llanilganda, qaysi tarmoqlar o‘rtasida sanoat simbiozi (bir korxona chiqindisi boshqasiga xomashyo bo‘lishi) eng samarali ekanini aniqlashga xizmat qiladi.

5. Xulosa

Leontyev modelining ekologik kengaytmasi aylanma iqtisodiyotga o‘tishning chiqindi hajmiga va resurs sarfiga ta'sirini miqdoriy baholash imkonini beradi. Qayta ishlash tarmog‘ini kiritish va koeffitsientlarni o‘zgartirish orqali turli siyosat variantlari taqqoslanadi. Metodika hududiy va sanoat rejalarini asoslashda foydali tahliliy vosita sifatida qo‘llanilishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Leontief W. Quantitative input and output relations in the economic system of the United States // Review of Economics and Statistics, 1936, 18(3), 105–125.

2. Leontief W. Environmental repercussions and the economic structure: an input-output approach // Review of Economics and Statistics, 1970, 52(3), 262–271.

3. Leontief W. Input-Output Economics. – New York: Oxford University Press, 1986.

4. Miller R.E., Blair P.D. Input-Output Analysis: Foundations and Extensions. – Cambridge: Cambridge University Press, 2009.

5. Kirchherr J., Reike D., Hekkert M. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions // Resources, Conservation and Recycling, 2017, 127, 221–232.

6. Geissdoerfer M., Savaget P., Bocken N.M.P., Hultink E.J. The Circular Economy – A new sustainability paradigm? // Journal of Cleaner Production, 2017, 143, 757–768.

ERKIN IQTISODIY ZONALARDA LOGISTIKA XIZMATLARINING AHAMIYATI

Muxiddinov M.Sh. Samarqand iqtisodiyot va servis instituti Marketing kafedrasi assistenti. muminjon.mukhiddinov@gmail.com.+998993545858

Annotatsiya. Erkin iqtisodiy zonalar (EIZ) iqtisodiy rivojlanishning muhim vositalaridan biri bo‘lib, ular ichki va xalqaro savdoni rivojlantirish, sarmoyalarni jalb qilish va sanoat tarmoqlarini qo‘llab-quvvatlashda katta rol o‘ynaydi. Ushbu hududlarning samarali ishlashi uchun esa logistika xizmatlarining ahamiyati beqiyosdir. Ushbu maqolada erkin iqtisodiy hududlarda logistika xizmatlarining tutgan o‘rni, ularning rivojlanish omillari hamda samaradorlikni oshirish yo‘llari tahlil qilinadi.

Kalit so‘zlar: Erkin iqtisodiy zonalar, samarali logistika tizimi, tovar harakati, yetkazib berish, eksport, import, investor, jozibadorlik, raqamli texnologiyalar, GPS, yuk tashish.

Erkin iqtisodiy zonalarda logistikaning tutgan o‘rni: Logistika xizmatlari erkin iqtisodiy zonalarning muvaffaqiyatli faoliyat yuritishida muhim ahamiyat kasb etadi. Ular quyidagi asosiy jihatlar bilan bog‘liq:

• • Tovar harakatini tezlashtirish – Tovarlarning erkin harakatlanishi orqali ishlab chiqaruvchilar va iste’molchilar o‘rtasidagi bog‘liqlikni mustahkamlaydi.

• • Xarajatlarni kamaytirish – Samarali logistika tizimi transport va saqlash xarajatlarini optimallashtirishga yordam beradi.

• • Yetkazib berish zanjirini takomillashtirish – Mahsulotlarning belgilangan manzilga o‘z vaqtida yetib borishini ta’minlash orqali ishlab chiqarish jarayonining uzluksizligini ta’minlaydi.

• • Sarmoya jalb qilishni kuchaytirish – Rivojlangan logistika infratuzilmasi xorijiy investorlar uchun jozibadorlikni oshiradi.

• • Ishlab chiqarishning rivojlanishiga hissa qo‘shish – Samarali logistika tizimi orqali xomashyo va tayyor mahsulotlarni yetkazib berish jarayoni osonlashadi.

• • Eksport imkoniyatlarini kengaytirish – Mahalliy ishlab chiqaruvchilar o‘z mahsulotlarini xalqaro bozorga tezroq va samarali yetkazib berish imkoniyatiga ega bo‘ladilar.

Erkin iqtisodiy zonalarda logistika xizmatlarini rivojlantirish omillari: Erkin iqtisodiy hududlarda logistika xizmatlarining rivojlanishi bir qator omillarga bog‘liq bularga quydagilar kiradi:

1. Transport infratuzilmasining rivojlanganligi – Samarali yo‘l tarmoqlari, temir yo‘llar, portlar va aeroportlarning mavjudligi yuk tashish tezligini oshiradi.

2. Raqamli texnologiyalardan foydalanish – Zamonaviy axborot texnologiyalaridan foydalanish, masalan, avtomatlashtirilgan ombor tizimlari, GPS kuzatuv va sun’iy intellekt asosida tahlil qilish imkoniyatlari logistikani optimallashtiradi.

3. Tashqi savdo va bojxona tartiblarining qulayligi – Soddalashtirilgan bojxona protseduralari logistika xizmatlarini tez va samarali amalga oshirish imkoniyatini beradi.

4. Kuchli xususiy sektor va davlat hamkorligi – Davlat tomonidan beriladigan imtiyozlar va xususiy sektorning logistika infratuzilmasiga sarmoya kiritishi muhim rol o‘ynaydi.

5. Yuk tashish xizmatlarini rivojlantirish – Erkin iqtisodiy zonalar doirasida transport vositalari va terminallar sonini oshirish, logistika kompaniyalarining faoliyatini kengaytirish orqali xizmat sifatini yaxshilash mumkin.

6. Xalqaro logistika markazlari bilan integratsiya – Erkin iqtisodiy zonalardagi logistika tarmoqlari yirik xalqaro transport yo‘laklari bilan bog‘langan bo‘lsa, yuk tashish jarayoni tezlashadi va samaradorligi oshadi.

Samaradorlikni oshirish yo‘llari: Erkin iqtisodiy zonalarda logistika xizmatlarini yanada rivojlantirish va samaradorligini oshirish uchun quyidagi chora-tadbirlarni amalga oshirish maqsadga muvofiq deb hisoblaymiz:

•• Yangi logistika markazlarini tashkil etish - Erkin iqtisodiy hududlar ichida va tashqarisida zamonaviy logistika markazlari va omborlarini yaratish orqali tovar oqimini yaxshilash mumkin.

•• Elektron logistika tizimlarini joriy etish - Logistika operatsiyalarini raqamlashtirish orqali yuklarni kuzatish va boshqarish samaradorligini oshirish mumkin.

•• Xalqaro hamkorlikni kengaytirish - Xorijiy logistika kompaniyalari bilan hamkorlik qilish va tajriba almashish orqali xizmat sifatini oshirish.

•• Barqarorlik tamoyillariga e’tibor qaratish - Atrof-muhitga zarar yetkazmaydigan ekologik toza logistika tizimlarini joriy qilish.

•• Multimodal transport tizimlarini rivojlantirish – Temir yo‘l, avtomobil, dengiz va havo transportlari o‘rtasida integratsiyalashgan multimodal logistika tizimlarini yaratish yuk tashish samaradorligini oshiradi.

•• Bojxona jarayonlarini tezlashtirish – Raqamli deklaratsiya tizimlari va bojxona jarayonlarini avtomatlashtirish orqali yuklarni o‘tish jarayonini soddalashtirish.

Xulosa qilib aytganda Erkin iqtisodiy zonalarda logistika xizmatlari samarali faoliyat yuritishning muhim elementi hisoblanadi. Ularning rivojlanishi tovar harakatining tezlashishi, ishlab chiqarish va savdo xarajatlarining kamayishi

hamda sarmoya jalb qilish imkoniyatlarini oshiradi. Transport infratuzilmasini rivojlantirish, raqamli texnologiyalardan foydalanish va xalqaro hamkorlikni kengaytirish orqali erkin iqtisodiy zonalardagi logistika xizmatlarini yanada takomillashtirish mumkin. Natijada, bu hududlar yanada raqobatbardosh bo‘lib, milliy va xalqaro iqtisodiyotga o‘z ijobiy ta’sirini ko‘rsatadi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. Decree of the President of the Republic of Uzbekistan No. PF-60 of January 28, 2022 "On the development strategy of the new Uzbekistan for 2022-2026" // www.lex.uz

2. Resolution of the President of the Republic of Uzbekistan No. PP-99 of January 24, 2022 "On measures to create an effective system for the development of production and expansion of industrial cooperation in the Republic" // www.lex.uz

3. President of the Republic of Uzbekistan 14.09.2021 Resolution No. PQ-5243 "On measures to further support the participants of special economic zones".

4. Maysak O.S. SWOT-analysis: object, factor, strategy. Problemapoiskasvyazeymejdufaktorami // Prikaspiyskiyzhurnal: upravlenie i vysokieteknologii. - 2013. - № 1 (21). - S. 151-157.

5. Madsen, Dag Øivind (2016). "SWOT analysis: a management fashion perspective". International Journal of Business Research. 16 (1): 39–56

6. Zagorodnikov A. N. Upravlenieobshchestvennymisvyazyami v biznese. Uchebnik. M: Crocus, 2013 (gl.3 «SWOT-analysis: sushchnost, tsel, soderjanie»).

7. Philip Kotler, Roland Berger, Nils Bikxoff. Strategic management of Kotleru.Luchshiepriemy i metody = The Quintessence of Strategic Management: What You Really Need to Know to Survive in Business. - M .: AlpinaPablisher, 2012. - 144 p. - ISBN 978-5-9614-2213-9.

ERKIN IQTISODIY ZONALARDA LOGISTIKA XIZMATLARINING RIVOJLANISH HOLATI TAHLILI

Muxiddinov M.Sh. Samarqand iqtisodiyot va servis instituti Marketing kafedrasi assistenti. muminjon.mukhiddinov@gmail.com.+998993545858

Annotatsiya. Ushbu tezisda O‘zbekiston Respublikasida erkin iqtisodiy zonalar (EIZ) faoliyatining rivojlanishi va mazkur hududlarda logistika xizmatlarining iqtisodiy ahamiyati tahlil qilinadi. Logistika xizmatlari sanoat kooperatsiyasi, xomashyo va butlovchi qismlarni o‘z vaqtida yetkazib berish, tayyor mahsulotlarni ichki va tashqi bozorlarga olib chiqish, bojxona jarayonlarini muvofiqlashtirish hamda investorlar uchun qulay biznes muhitini shakllantirishning muhim omili sifatida ko‘rib chiqiladi.

Kalit so‘zlar. erkin iqtisodiy zonalar, logistika xizmatlari, transport infratuzilmasi, ta’minot zanjiri, ombor xo‘jaligi, bojxona rasmiylashtiruvi, raqamlashtirish, eksport, investitsion jozibadorlik, logistika samaradorligi.

Kirish: Globallashuv va xalqaro ishlab chiqarish zanjirlarining kengayishi sharoitida erkin iqtisodiy zonalar mamlakatning investitsiyaviy jozibadorligini oshirish, eksport salohiyatini kengaytirish, yangi ish o‘rinlarini yaratish va zamonaviy texnologiyalarni jalb etishning muhim institutsional vositalaridan biri hisoblanadi. Biroq EIZ tashkil etilishi yoki rezident korxonalarga soliq va bojxona imtiyozlari berilishi o‘z-o‘zidan yuqori iqtisodiy natijani kafolatlamaydi. Hududning ishlab chiqarish imkoniyatlari xomashyo, butlovchi qismlar, uskunalar va tayyor mahsulotlarning barqaror harakatini ta’minlaydigan logistika tizimi bilan mustahkamlanishi lozim.

Logistika xizmatlari transportirovka, yuklarni konsolidatsiyalash, saqlash, qadoqlash, markirovkalash, buyurtmalarni qayta ishlash, bojxona brokerligi, ekspeditorlik, yuk holatini kuzatish va yetkazib berish muddatlarini boshqarish kabi o‘zaro bog‘liq faoliyatlarni qamrab oladi. Ushbu xizmatlarning sifati korxonaning xarajatlari, aylanma mablag‘lar aylanishi, ishlab chiqarish uzluksizligi va xaridorlarga xizmat ko‘rsatish darajasiga bevosita ta’sir qiladi.

Tadqiqotning maqsadi – O‘zbekistondagi EIZlar faoliyati doirasida logistika xizmatlarining rivojlanish holatini tavsiflash, mavjud muammolarni tizimlashtirish va samaradorlikni oshirishga qaratilgan ilmiy-amaliy takliflarni asoslashdan iborat. Tadqiqotda statistik ma’lumotlarni taqqoslash, tizimli yondashuv, mantiqiy tahlil va umumlashtirish usullaridan foydalanildi.

Logistika xizmatlarining EIZlar faoliyatidagi o‘rni

EIZlarda logistika oddiy tashish operatsiyalari majmui emas, balki ishlab chiqarish va bozor o‘rtasidagi bog‘lovchi boshqaruv tizimidir. Birinchidan, logistika xomashyo va butlovchi qismlarni ishlab chiqarish jadvaliga mos ravishda yetkazib berish orqali ishlab chiqarishdagi uzilishlar xavfini kamaytiradi. Ikkinchidan, ombor zaxiralarini me’yorlashtirish ortiqcha zaxiralarga bog‘langan mablag‘larni qisqartiradi. Uchinchidan, yuklarni konsolidatsiyalash va transport yo‘nalishlarini optimallashtirish bir birlik mahsulotga to‘g‘ri keladigan tashish xarajatlarini pasaytirishi mumkin. To‘rtinchidan, bojxona va hujjatlashtirish jarayonlarini oldindan rejalashtirish eksport-import operatsiyalarining prognoz qilinuvchanligini oshiradi.

Logistika xizmatlari rivojlangan hududlarda rezident korxonalar tashqi bozorlarga chiqish, yetkazib berish muddatlarini bajarish va mijozlar talabidagi o‘zgarishlarga tez javob berish imkoniyatiga ega bo‘ladi. Aksincha, transport yo‘llari, omborlar, sovuq zanjir, raqamli axborot almashinuvi yoki bojxona xizmatlaridagi uzilishlar imtiyozlardan olinadigan iqtisodiy samaraning bir qismini yo‘qqa chiqarishi mumkin. Shu sababli EIZ samaradorligini faqat rezidentlar soni yoki investitsiya hajmi bilan emas, balki logistika xarajatlari, yetkazib berishning o‘z vaqtida bajarilishi, yuklarni qayta ishlash tezligi va xizmatlar ishonchliligi bilan ham baholash zarur.

Xalqaro amaliyotda logistika samaradorligini baholashda Jahon bankining Logistics Performance Index (LPI) tizimida bojxona jarayonlari, savdo va transport infratuzilmasi sifati, xalqaro jo‘natmalarni tashkil etish qulayligi,

logistika xizmatlari kompetensiyasi, yuklarni kuzatish imkoniyati va yetkazib berishning o‘z vaqtida bajarilishi kabi yo‘nalishlar hisobga olinadi. Ushbu yondashuv EIZlar ichida ham qo‘llanishi mumkin bo‘lgan ko‘rsatkichlar tizimini shakllantirishga yordam beradi.

O‘zbekistonda rivojlanish holatining statistik tahlili

O‘zbekistonning investitsiya muhiti bo‘yicha 2025-yilgi qo‘llanmada 2024-yil yakuniga kelib mamlakatda 25 ta maxsus iqtisodiy zona, 416 ta kichik sanoat zonasi, 23 ta texnopark va 433 ta klaster tashkil etilgani qayd etilgan. Ushbu hududlarda jami 7 495 ta korxona faoliyat yuritgan, shundan 1 071 tasi maxsus iqtisodiy zonalar, 3 331 tasi kichik sanoat zonalari hissasiga to‘g‘ri kelgan. Bu ko‘rsatkichlar ishlab chiqarish maydonlari bilan bir qatorda ombor, transport, ekspeditorlik va boshqa qo‘llab-quvvatlovchi xizmatlarga bo‘lgan talab ham ortib borayotganini anglatadi.

Milliy statistika qo‘mitasining SIAT ochiq ma’lumotlarida maxsus iqtisodiy zonalarda sanoat ishlab chiqarishi hajmi 2020-yilda 12 268 814,0 mln so‘m, 2024-yilda 44 182 505,4 mln so‘m va 2025-yilda 61 823 435,1 mln so‘m sifatida keltirilgan. Demak, 2025-yil ko‘rsatkichi 2024-yilga nisbatan qariyb 39,9 foizga yuqori. Bu dinamikani EIZlarda ishlab chiqarish faolligining kengayishi sifatida talqin qilish mumkin; shu bilan birga, sanoat hajmining o‘sishi logistika xizmatlariga yuklama va talabni ham oshirishi ehtimol.

EIZ korxonalarida ko‘rsatilgan xizmatlar hajmi 2024-yildagi 2 022 478,4 mln so‘mdan 2025-yilda 2 768 198,3 mln so‘mga yetgan, ya’ni qariyb 36,9 foiz o‘sgan. Ushbu ko‘rsatkich xizmatlar segmenti kengayayotganini bildiradi, ammo logistika xizmatlarining alohida ulushi bo‘yicha xulosa chiqarish uchun transport, ombor, ekspeditorlik va bojxona xizmatlari kesimidagi qo‘shimcha statistik ma’lumotlar talab etiladi. Shuning uchun mavjud ma’lumotlar logistika xizmatlari o‘sishini bevosita o‘lchamaydi, balki EIZlar iqtisodiy faolligi va xizmatlar bozorining kengayishi kontekstini ko‘rsatadi.

Hududlar kesimidagi farqlar ham muhim. Masalan, ishlab chiqarish korxonalari soni, asosiy bozorlar bilan masofa, temir yo‘l va avtomobil yo‘llariga ulanish, chegara punktlarigacha bo‘lgan masofa hamda mahsulot tarkibi har bir zonada logistika xizmatlariga bo‘lgan ehtiyojni turlicha shakllantiradi. Shu sababli barcha EIZlar uchun bir xil logistika modeli samarali bo‘lmasligi mumkin: eksportga yo‘naltirilgan ishlab chiqarish hududlariga xalqaro ekspeditorlik va bojxona xizmatlari, tez buziladigan mahsulotlar ishlab chiqaruvchi korxonalarga esa harorat nazorati va sovuq zanjir xizmatlari ko‘proq zarur bo‘ladi.

Asosiy muammolar va rivojlanish omillari

Tahlil asosida EIZlarda logistika xizmatlari samaradorligini cheklashi mumkin bo‘lgan bir nechta tizimli masalalarni ajratish mumkin.

Birinchidan, logistika infratuzilmasining ishlab chiqarish quvvatlariga mutanosib rivojlanishi talab etiladi. Ombor maydonlari, yuk ortish-tushirish uskunalari, terminal va konsolidatsiya punktlari yetishmasligi yuklarning turib

qolishiga va korxona xarajatlarining oshishiga olib kelishi mumkin. Ikkinchidan, xizmat koʻrsatuvchi tashkilotlar oʻrtasida axborot almashinuvi yetarli darajada integratsiyalashmagan boʻlsa, buyurtma, transport, ombor va bojxona jarayonlari alohida boshqarilib, vaqt yoʻqotishlari yuzaga keladi. Uchinchidan, kichik va oʻrta rezidentlar uchun logistika xizmatlari narxining yuqoriligi, toʻliq yuk boʻlmagan joʻnatmalarni birlashtirish imkoniyatlarining cheklanganligi ularning tashqi bozordagi raqobatbardoshligini pasaytirishi mumkin.

Toʻrtinchidan, logistika samaradorligini oʻlchashda yagona koʻrsatkichlar tizimining mavjudligi muhim. Faqat tashish narxini kuzatish yetarli emas: yetkazib berishning oʻz vaqtida bajarilishi, yuk shikastlanishi, buyurtmani qayta ishlash vaqti, ombor zaxiralarining aylanishi, transport vositalarining boʻsh qatnovi va mijozlar qoniqishi ham oʻlchanishi kerak. Beshinchidan, raqamli texnologiyalar - GPS/GNSS kuzatuvi, elektron hujjat aylanishi, omborlarni boshqarish tizimi (WMS), transportni boshqarish tizimi (TMS) va korxona resurslarini rejalashtirish tizimi (ERP) – oʻzaro bogʻlangan holda joriy etilmasa, ularning imkoniyatlari toʻliq namoyon boʻlmaydi.

Bundan tashqari, logistika xodimlarining malakasi, xalqaro savdo shartlarini bilish, xavflarni boshqarish, yuklarni sugʻurtalash va barqaror transport yechimlaridan foydalanish ham xizmatlar sifatiga ta’sir qiladi. Demak, logistika rivoji faqat yangi obyektlar qurish bilan cheklanmasdan, xizmat koʻrsatuvchi tashkilotlar, rezidentlar, bojxona organlari va transport operatorlari oʻrtasidagi muvofiqlashtirishni ham talab etadi.

Ilmiy-amaliy taklif va tavsiyalar

Tadqiqot natijalaridan kelib chiqib, EIZlarda logistika xizmatlari samaradorligini oshirish uchun quyidagi takliflar ilgari suriladi.

1. EIZ logistika xizmatlarining yagona monitoring panelini yaratish. Har bir zona kesimida logistika xarajatlarining mahsulot tannarxidagi ulushi, oʻrtacha yetkazib berish muddati, oʻz vaqtida bajarilgan buyurtmalar ulushi, yukni rasmiylashtirish vaqti, ombor quvvatidan foydalanish darajasi va shikastlangan yuklar ulushi muntazam qayd etilishi lozim. Koʻrsatkichlarni choraklik kesimda taqqoslash muammoli jarayonlarni aniqlashga imkon beradi.

2. “Yagona logistika oynasi” tamoyilini rivojlantirish. Rezident korxonalarga transport buyurtmasi, ombor bandligi, ekspeditorlik, bojxona hujjatlari va yuk holatini kuzatish xizmatlarini yagona raqamli interfeys orqali olish imkoniyatini yaratish tavsiya etiladi. Bu takroriy ma’lumot kiritish va hujjatlarni kelishish vaqtini qisqartirishga yordam beradi.

3. Umumiy foydalanishdagi logistika markazlarini shakllantirish. Kichik va oʻrta korxonalar uchun konsolidatsiya omborlari, umumiy yuk ortish-tushirish maydonlari va birgalikdagi tashish xizmatlarini tashkil etish zarur. Bunda tariflar shaffofligi va xizmatdan foydalanishning teng shartlari ta’minlanishi lozim.

4. Hududga mos logistika xizmatlari portfelini ishlab chiqish. Eksport tarkibi, mahsulotning saqlash talabi, transport yoʻnalishlari va asosiy bozorlar

hisobga olinib, har bir EIZ uchun alohida logistika modeli ishlab chiqilishi kerak. Masalan, sovuq zanjir talab qiluvchi mahsulotlar uchun haroratni masofadan nazorat qilish, yuqori qiymatli tovarlar uchun esa yuk xavfsizligi va real vaqt kuzatuvi ustuvor bo‘lishi mumkin.

5. Logistika xizmatlari bozorida xususiy sektor ishtirokini kengaytirish. Davlat-xususiy sheriklik asosida terminal, ombor va raqamli xizmatlarni rivojlantirish, logistika operatorlari o‘rtasida xizmat sifati va narxi bo‘yicha raqobatni kuchaytirish maqsadga muvofiq.

6. Samaradorlikni natijaga bog‘langan mezonlar asosida baholash. Logistika operatorlari bilan tuziladigan shartnomalarda xizmat darajasi kelishuvi (SLA), yetkazib berish muddati, yuk xavfsizligi, murojaatlarga javob berish vaqti va kompensatsiya shartlari aniq belgilanishi lozim.

Ushbu takliflarning ilmiy-nazariy ahamiyati shundaki, ular EIZ logistika tizimini alohida transport operatsiyalari yig‘indisi sifatida emas, balki infratuzilma, axborot, xizmat sifati va iqtisodiy natijalarni birlashtiruvchi integratsiyalashgan tizim sifatida baholashga asos yaratadi. Amaliy jihatdan esa takliflar logistika jarayonlarining shaffofligini oshirish, xarajatlarni boshqarish va rezident korxonalarning bozor talablariga javob berish qobiliyatini kuchaytirishga xizmat qilishi mumkin.

Xulosa

Erkin iqtisodiy zonalarning raqobatbardoshligi ishlab chiqarish va investitsiya imkoniyatlari bilan bir qatorda logistika xizmatlarining ishonchliligi va iqtisodiy samaradorligiga ham bog‘liq. O‘zbekiston bo‘yicha ochiq statistik ma’lumotlar maxsus iqtisodiy zonalarda sanoat ishlab chiqarishi hamda xizmatlar hajmi o‘sayotganini ko‘rsatadi. Biroq umumiy xizmatlar statistikasi logistika xizmatlarining alohida dinamikasini to‘liq ifodalamaydi; shu bois transport, ombor, ekspeditorlik va bojxona xizmatlari bo‘yicha alohida statistik hisobni yo‘lga qo‘yish muhim.

Logistika xizmatlarini rivojlantirishning ustuvor yo‘nalishlari – raqamli integratsiya, umumiy foydalanishdagi logistika infratuzilmasi, hududga mos xizmatlar portfeli, xizmat sifatini o‘lchaydigan ko‘rsatkichlar va davlat-xususiy hamkorlikdir. Mazkur yo‘nalishlarni izchil amalga oshirish EIZ rezidentlarining xarajatlarini maqbullashtirish, yetkazib berish ishonchliligini oshirish va eksport salohiyatini kuchaytirishga yordam beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasi Milliy statistika qo‘mitasi. SIAT ochiq ma’lumotlar bazasi. “Volume of industrial production of special economic zones” va “Volume of services rendered by enterprises participating in special economic zones” statistik ko‘rsatkichlari. https://siat.stat.uz/data/3641/ ; https://siat.stat.uz/data/3685/ (murojaat sanasi: 12.10.2026).

2. Ministry of Investment, Industry and Trade of the Republic of Uzbekistan. Uzbekistan Investment Guide 2025. “Free economic zones and cost of doing

business” bo‘limi. https://invest.miit.uz/uploads/uzbekistan-investment-guide-2025.pdf (murojaat sanasi: 12.10.2026).

3. World Bank. World Bank Releases Logistics Performance Index 2023. 21 April 2023. https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2023/04/21/world-bank-releases-logistics-performance-index-2023 (murojaat sanasi: 12.10.2026).

4. World Bank. Logistics Performance Index (LPI): International Scorecard and methodology. https://lpi.worldbank.org/ (murojaat sanasi: 12.10.2026).

5. World Bank. Uzbekistan Country Climate and Development Report / related country analytical material, logistics performance and connectivity discussion. https://documents1.worldbank.org/curated/en/099111423124532881/pdf/P17906 80f452f10ba0a34c06922a1df0003.pdf (murojaat sanasi: 12.10.2026).

ATROF-MUHITNI MUHOFAZA QILISHNING FIZIK METODLARI

Salimov Samandar Husen o‘g‘li. Samarqand iqtisodiyot va servis instituti
e-mail: samandarsalimov577@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada atrof-muhitni muhofaza qilishda qo‘llaniladigan fizik metodlarning ilmiy-nazariy asoslari tahlil qilinadi. Atmosfera havosi, suv va sanoat chiqindilarining ifloslanishini kamaytirishda mexanik ajratish, filtrlash, tindirish, siklonlash, elektrostatik cho‘ktirish, flotatsiya, membranali ajratish, ultrabinafsha nurlanish va termik ishlov berish kabi fizik metodlarning imkoniyatlari yoritilgan. Shuningdek, mazkur texnologiyalarning ekologik samaradorligi, qo‘llanish sohasi va afzalliklari tahlil qilinib, ularni raqamli monitoring va zamonaviy axborot texnologiyalari bilan integratsiyalash istiqbollari ko‘rib chiqilgan. Zamonaviy ekologik muhofaza tizimida fizik metodlarni kompleks qo‘llash ifloslantiruvchi moddalarni manbada kamaytirish, chiqindilarni qayta ishlash va tabiiy resurslardan samarali foydalanish imkonini berishi asoslangan.

Kalit so‘zlar: atrof-muhit, ekologik muhofaza, fizik metod, filtratsiya, siklon, elektrostatik cho‘ktirish, membrana, flotatsiya, UV-nurlanish, oqova suv, atmosfera havosi, ekologik monitoring.

Atrof-muhitning ifloslanishi zamonaviy jamiyatning ekologik, iqtisodiy va ijtimoiy rivojlanishiga ta’sir ko‘rsatuvchi muhim omillardan biridir. Sanoat korxonalari, energetika, transport, qishloq xo‘jaligi va kommunal xo‘jalik faoliyati natijasida atmosfera havosiga, suv resurslariga va tuproqqa turli xil ifloslantiruvchi moddalar chiqariladi. Shu sababli ifloslanishni kamaytirish, chiqindilarni boshqarish va tabiiy resurslarni muhofaza qilishning samarali texnologiyalarini ishlab chiqish dolzarb ilmiy-amaliy masalalardan hisoblanadi.

Atrof-muhitni muhofaza qilish texnologiyalarida fizik, kimyoviy, biologik va fizik-kimyoviy metodlardan foydalaniladi. Fizik metodlarning asosiy xususiyati ifloslantiruvchi moddalarni ularning o‘lchami, massasi, zichligi, elektr zaryadi, fazaviy holati va boshqa fizik xususiyatlari asosida ajratish yoki zararsizlantirishdan iborat.

Atmosfera havosining ifloslanishida chang, aerozol va turli qattiq zarrachalar muhim o‘rin tutadi. Ularni kamaytirish uchun mexanik filtrlar, siklonlar, elektrofiltrlar va boshqa chang tutish qurilmalaridan foydalaniladi.

Filtrlash. Filtrlash – ifloslangan gaz yoki havoni g‘ovak materialdan o‘tkazish orqali undagi qattiq zarrachalarni ushlab qolish jarayonidir. Filtrlar konstruksiyasiga ko‘ra matoli, tolali, patronli va boshqa turlarga bo‘linadi.

Filtrlash jarayonining umumiy modeli:

Ifloslangan havo → Filtr materiali → Zarrachalarni ushlab qolish →Tozalangan havo

Filtrlar sanoat korxonalarida chang emissiyasini kamaytirishning amaliy vositalaridan biri hisoblanadi. Yevropa BAT hujjatlarida gaz oqimlaridagi zarrachalarni ajratishda matoli filtrlar va boshqa mexanik ajratish qurilmalari qayd etilgan.

Siklonli tozalash. Siklonlarda ifloslangan havo yoki gaz oqimiga aylanma harakat beriladi. Natijada markazdan qochma kuch ta’sirida nisbatan yirik va og‘ir zarrachalar qurilma devorlariga yo‘naladi va pastki qismga yig‘iladi.

Ifloslangan gaz → Aylanma oqim → Markazdan qochma kuch → Changni ajratish → Tozalangan gaz

Siklon texnologiyasi nisbatan sodda konstruksiyaga ega bo‘lib, sanoat changlarini dastlabki ajratishda qo‘llanishi mumkin.

Elektrostatik cho‘ktirish. Elektrostatik cho‘ktirgichlarda gaz oqimidagi zarrachalar elektr maydoni ta’sirida zaryadlanadi va kollektor elektrodlariga tortiladi. Shu sababli mayda zarrachalarni ushlab qolish imkoniyati yuzaga keladi.

Elektrostatik usulning prinsipial sxemasi:

Changlangan gaz → Elektr maydoni → Zarrachalarning zaryadlanishi →Elektrodga tortilish → Tozalangan gaz

Elektrostatik cho‘ktirgichlar sanoat gazlarini tozalashda qo‘llaniladigan muhim fizik texnologiyalardan biridir.

Oqova suvlarni tozalashda fizik metodlar ko‘pincha dastlabki yoki asosiy tozalash bosqichini tashkil etadi. Ular suv tarkibidagi yirik va muallaq zarrachalar, yog‘-moy, kolloid zarrachalar hamda ayrim erigan komponentlarni ajratishda qo‘llaniladi.

Tindirish. Tindirishda suv tarkibidagi muallaq zarrachalar gravitatsiya kuchi ta’sirida cho‘ktiriladi. Ushbu jarayon zarrachalarning zichligi va o‘lchamiga bog‘liq.

Oqova suv → Tindirgich → Cho‘kma → Nisbatan tozalangan suv

Tindirish oqova suvlarni tozalashning asosiy fizik jarayonlaridan biri sifatida ekologik muhofaza texnologiyalarida keng qo‘llaniladi. (Eur-Lex)

Flotatsiya. Flotatsiyada suvdagi zarrachalar mayda gaz yoki havo pufakchalari bilan birikib, suv yuzasiga ko‘tariladi. Keyinchalik hosil bo‘lgan qatlam maxsus qurilmalar yordamida olib tashlanadi.

Flotatsiya, ayniqsa, suv tarkibidagi **yog‘, moy va ayrim muallaq zarrachalarni** ajratishda foydalidir.

Membranali texnologiyalar. Membranali ajratish zamonaviy suv tozalash texnologiyalarining muhim yo‘nalishlaridan biridir. Membrana o‘zining g‘ovakligi va selektiv o‘tkazuvchanligi orqali suvdagi ayrim zarrachalar va komponentlarni ajratadi.

Asosiy turlari:

- ✓ mikrofiltratsiya;
- ✓ ultrafiltratsiya;
- ✓ nanofiltratsiya;
- ✓ teskari osmos.

BAT hujjatlarida mikrofiltratsiya va ultrafiltratsiya muallaq hamda kolloid zarrachalarni ajratishda, nanofiltratsiya va teskari osmos esa ayrim erigan komponentlarni ajratishda qo‘llanishi ko‘rsatilgan.

Adsorbsiya va fizik-kimyoviy ajratish. Adsorbsiya ayrim hollarda fizik-kimyoviy metod sifatida qaraladi. Bunda suv yoki gaz tarkibidagi moddalar katta sirt maydoniga ega adsorbent yuzasida ushlab qolinadi. Masalan, aktivlangan ko‘mir suv va havodagi ayrim organik ifloslantiruvchilarni kamaytirishda ishlatiladi.

BAT hujjatlarida adsorbsiya erigan, biologik parchalanishi qiyin bo‘lgan yoki boshqa usullar bilan ajratilishi murakkab bo‘lgan ayrim ifloslantiruvchilarni kamaytirish usullaridan biri sifatida keltiriladi.

Ultrabinafsha nurlanishdan foydalanish. Ultrabinafsha nurlanish ekologik texnologiyalarda, xususan, suv va havoni mikrobiologik zararsizlantirishda qo‘llanadi. UV nurlanish mikroorganizmlarning biologik faoliyatini susaytirishga xizmat qiladi.

EPA materiallarida mexanik filtratsiya, elektrostatik cho‘ktirish va ultrabinafsha germitsid nurlanish havoni tozalash va biologik zarrachalarni kamaytirishda ko‘rib chiqilgan texnologiyalar qatorida keltiriladi.

Fizik metodlarning kompleks qo‘llanilishi. Amaliy ekologik muhofazada bitta fizik metoddan foydalanish ko‘pincha yetarli bo‘lmaydi. Shu sababli bir nechta texnologiyani ketma-ket yoki parallel qo‘llash maqsadga muvofiq. Masalan, oqova suvlarni tozalashning kompleks sxemasi quyidagicha bo‘lishi mumkin:

Oqova suv

↓

Mexanik panjara

↓

Tindirish

↓

Flotatsiya

↓

Filtrlash

↓

Membranali tozalash

↓

UV-zararsizlantirish

↓

Qayta foydalanish yoki chiqarish

Bunday kombinatsiyalangan yondashuv oqova suv tarkibidagi ifloslantiruvchilarning turli fizik xususiyatlaridan foydalanish imkonini beradi. Zamonaviy BAT yondashuvlarida ham suvni tozalash uchun turli texnikalarning tegishli kombinatsiyasidan foydalanish tamoyili qayd etiladi.

Raqamli texnologiyalar bilan integratsiyalash. Fizik tozalash qurilmalarini zamonaviy **raqamli monitoring, IoT, sensorlar, ma'lumotlar bazasi va sun'iy intellekt** texnologiyalari bilan birlashtirish ekologik muhofaza tizimining samaradorligini oshirish imkonini beradi. Masalan, sensorlar yordamida:

- ✓ havodagi chang konsentratsiyasi;
- ✓ suvning loyqaligi;
- ✓ pH ko‘rsatkichi;
- ✓ harorat;
- ✓ elektr o‘tkazuvchanlik;
- ✓ oqim tezligi kabi parametrlarni muntazam kuzatish mumkin.

Umumiy raqamli-ekologik tizimni quyidagicha ifodalash mumkin:

Sensorlar → Ma'lumotlarni yig‘ish → Bulutli server → AI tahlili → Ifloslanishni prognozlash → Tozalash qurilmasini boshqarish → Ekologik monitoring. Bunday yondashuv fizik tozalash jarayonlarini faqat passiv himoya vositasidan **intellektual boshqariladigan ekologik tizimga** aylantirish imkoniyatini beradi. Tahlil natijasida fizik metodlarni uchta asosiy yo‘nalishga ajratish mumkin:

Yo‘nalish	Asosiy metodlar	Asosiy qo‘llanish sohasi
Mexanik ajratish	Tindirish, elash, filtratsiya	Suv, chiqindi
Gazlarni tozalash	Siklon, filtr, elektrostatik cho‘ktirish	Atmosfera havosi
Membranali ajratish	MF, UF, NF, RO	Suvni tozalash
Fizik-kimyoviy	Adsorbsiya, ion almashinuvi	Suv va gaz
Fizik zararsizlantirish	UV, termik ishlov	Suv, havo, chiqindi
Flotatsion	Havo flotatsiyasi	Oqova suv

Ushbu metodlarning har biri ifloslantiruvchining fizik-kimyoviy xususiyatlariga qarab tanlanishi kerak. Masalan, yirik muallaq zarrachalar uchun tindirish va mexanik filtratsiya, gaz tarkibidagi chang uchun siklon yoki elektrostatik cho‘ktirish, suvdagi kolloid va mayda zarrachalar uchun membranali texnologiyalar maqsadga muvofiq bo‘lishi mumkin.

Shuningdek, fizik metodlarni tanlashda energiya sarfi, qurilmaning ekspluatatsiya qiymati, hosil bo‘ladigan ikkilamchi chiqindi, texnik xizmat ko‘rsatish talablari va ekologik samaradorlik kabi ko‘rsatkichlarni kompleks baholash zarur.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Ergashev A.E., Ergashev T.A. Ekologiya, biosfera va tabiatni muhofaza qilish**.** – Toshkent: Yangi asr avlodi, 2005.

2. Sanginov S.A., Sultonov P.S. Ekologiya va atrof-muhitni muhofaza qilish asoslari**.** – Toshkent: Fan va texnologiya, 2013.

3. Sultonov P.S. Ekologiya va atrof-muhitni muhofaza qilish asoslari**.** – Toshkent: Musiqa, 2007.

4. Родионов А.И., Клушин В.Н., Торочешников Н.С. Техника защиты окружающей среды**.** – Москва: Химия, 1989.

5. Zaytsev V.A. Ekologik monitoring va axborot texnologiyalari. Moskva: Nauka., 2021.

OLIY TA’LIM MUASSASALARIDA FIZIKA FANINI O‘QITISHDA VIZUAL VA MODELLASHTIRUVCHI VOSITALARDAN FOYDALANISHNING DIDAKTIK IMKONIYATLARINI TAKOMILLASHTIRISH

Jo‘lanov Hasan Komil o‘g‘li. Samarqand iqtisodiyot va servis instituti Oliy matematika kafedrasi assistenti. julanovh@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada oliy ta’lim muassasalarida fizika fanini o‘qitish jarayonida vizual va modellashtiruvchi vositalardan foydalanishning didaktik imkoniyatlari hamda ularni takomillashtirish masalalari tahlil etilgan. Fizika fanining o‘ziga xos xususiyatlari, xususan, ko‘plab hodisa va jarayonlarning abstraktligi, mikro va makroolam obyektlarini bevosita kuzatish imkoniyatining cheklanganligi zamonaviy ta’lim texnologiyalaridan foydalanishni taqozo etadi. Vizualizatsiya, kompyuter modellashtirish, animatsiya, interaktiv simulyatsiyalar va virtual laboratoriyalardan foydalanish talabalarning fizik tushunchalarni chuqur o‘zlashtirishi, hodisalar o‘rtasidagi sabab-oqibat aloqalarini anglash, mustaqil tajriba o‘tkazish va natijalarni tahlil qilish imkoniyatlarini kengaytiradi. Maqolada vizual va modellashtiruvchi vositalarning didaktik funksiyalari, ularni dars jarayonining turli bosqichlarida qo‘llash metodikasi, real va virtual tajribalarni integratsiyalash masalalari

yoritilgan. Shuningdek, mazkur vositalardan foydalanish samaradorligini oshirishning pedagogik shart-sharoitlari va amaliy tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Kalit so‘zlar: fizika ta’limi, oliy ta’lim, vizualizatsiya, modellashtirish, didaktik vositalar, kompyuter modeli, virtual laboratoriya, interaktiv simulyatsiya, raqamli ta’lim, fizik tafakkur, pedagogik texnologiya.

Kirish: Hozirgi globallashuv va raqamli transformatsiya sharoitida oliy ta’lim tizimi oldiga talabalarga tayyor bilimlarni berish bilan bir qatorda, ularning mustaqil fikrlashi, ilmiy-tadqiqotchilik ko‘nikmalari, muammoli vaziyatlarni tahlil qilish va amaliy masalalarni hal etish kompetensiyalarini rivojlantirish vazifasi qo‘yilmoqda. Ushbu jarayonda zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalaridan samarali foydalanish ta’lim sifatini oshirishning muhim omillaridan biri sifatida namoyon bo‘lmoqda.

Fizika fanini o‘qitish mazkur jarayonda o‘ziga xos ahamiyatga ega. Fizika tabiat hodisalarining umumiy qonuniyatlarini o‘rganishi bilan bir qatorda, talabalardan yuqori darajadagi abstrakt tafakkur, matematik fikrlash, fazoviy tasavvur va tajriba ko‘nikmalarini talab qiladi. Fizik hodisalarning ayrimlari bevosita kuzatilishi mumkin bo‘lsa, boshqalari juda katta yoki juda kichik vaqt va makon masshtablarida sodir bo‘ladi. Ayrim jarayonlarni esa laboratoriya sharoitida namoyish etish texnik, iqtisodiy yoki xavfsizlik nuqtayi nazaridan murakkabdir.

Masalan, elektromagnit maydonning fazodagi taqsimlanishi, atom va molekulalar harakati, yorug‘likning to‘lqin xususiyatlari, kvant hodisalari, radioaktiv jarayonlar kabi ko‘plab hodisalarni an’anaviy ko‘rgazmali vositalar yordamida to‘liq tushuntirish qiyin. Bunday vaziyatlarda vizualizatsiya va modellashtirish vositalari muhim didaktik imkoniyatlarni yaratadi. Vizual vositalar fizik obyekt va hodisalarni grafik, animatsion, sxematik yoki boshqa ko‘rgazmali shaklda tasvirlashga imkon bersa, modellashtirish real jarayonning muhim xususiyatlarini soddalashtirilgan holda o‘rganish imkonini beradi. Shu sababli oliy ta’limda fizika fanini o‘qitish jarayonida vizual va modellashtiruvchi vositalardan foydalanishning ilmiy-metodik asoslarini ishlab chiqish, ularning didaktik imkoniyatlarini aniqlash va ta’lim samaradorligini oshirishga yo‘naltirilgan metodik yondashuvlarni takomillashtirish dolzarb masalalardan biridir.

Tadqiqotning maqsadi. Tadqiqotning asosiy maqsadi oliy ta’lim muassasalarida fizika fanini o‘qitishda vizual va modellashtiruvchi vositalardan foydalanishning didaktik imkoniyatlarini aniqlash hamda ularni samarali qo‘llashning pedagogik-metodik shartlarini ishlab chiqishdan iborat.

Ushbu maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar belgilandi:

- fizika ta’limida vizualizatsiya va modellashtirishning nazariy asoslarini tahlil qilish;
- vizual va modellashtiruvchi vositalarning didaktik imkoniyatlarini aniqlash;

- ularni fizika fanining turli mavzularini o‘qitishda qo‘llash imkoniyatlarini o‘rganish;
- virtual va real laboratoriya tajribalarining o‘zaro bog‘liqligini asoslash;
- talabalarning fizik tafakkuri va mustaqil faoliyatini rivojlantirishda modellashtirishning rolini aniqlash;
- vizual va modellashtiruvchi vositalardan samarali foydalanish bo‘yicha metodik tavsiyalar ishlab chiqish.

Tadqiqot metodlari. Tadqiqotda pedagogik kuzatish, ilmiy-metodik adabiyotlarni tahlil qilish, taqqoslash, umumlashtirish, modellashtirish, tizimli yondashuv va pedagogik tajriba natijalarini tahlil qilish kabi metodlardan foydalanish mumkin. Mazkur metodlar vizualizatsiya va modellashtirish vositalarining ta’lim jarayonidagi o‘rnini kompleks ravishda tahlil qilish imkonini beradi.

Asosiy qism. Fizika ta’limida vizualizatsiya tushunchasi. Vizualizatsiya – o‘quv materialini ko‘rish orqali idrok qilishga qulay shaklda ifodalash jarayonidir. Fizika fanida vizualizatsiya turli grafik, sxema, diagramma, animatsiya, video, uch o‘lchamli model va interaktiv simulyatsiyalar ko‘rinishida namoyon bo‘ladi.

Fizik qonuniyatlarning ko‘pchiligi matematik formulalar yordamida ifodalanadi. Biroq formulani bilish har doim ham uning fizik mazmunini to‘liq tushunishni anglatmaydi. Shu sababli formuladagi o‘zgaruvchilar o‘rtasidagi bog‘lanishni grafik yoki animatsiya yordamida ko‘rsatish talabaning mavzuni yaxshiroq anglashiga yordam beradi. Masalan, Om qonunini o‘rganishda faqat $I=U/R$ formulasini keltirish bilan cheklanmasdan, kuchlanish va tok kuchi o‘rtasidagi bog‘lanishni grafik ko‘rinishda ifodalash mumkin. Talaba qarshilik qiymatini o‘zgartirganda grafikning qanday o‘zgarishini kuzatishi orqali fizik qonuniyatni amaliy ravishda anglaydi.

Fizik modellashtirishning mohiyati. Modellashtirish – real obyekt, hodisa yoki jarayonning muhim xususiyatlarini saqlagan holda soddalashtirilgan modelini yaratish va undan o‘rganish vositasi sifatida foydalanish jarayonidir.

Fizikada modellashtirish qadimdan ilmiy bilishning muhim metodlaridan biri bo‘lib kelgan. Moddiy nuqta, ideal gaz, matematik mayatnik, absolyut qora jism va boshqa tushunchalar real obyektlarning muayyan shartlar asosida soddalashtirilgan modellaridir. Raqamli texnologiyalarning rivojlanishi modellashtirishning yangi imkoniyatlarini yaratdi. Kompyuter modellarida fizik parametrlarni o‘zgartirish va natijalarni real vaqt rejimida kuzatish mumkin. Bu esa talabaga tayyor bilimni qabul qilish emas, balki fizik qonuniyatni tajriba orqali o‘rganish imkoniyatini beradi.

Vizual va modellashtiruvchi vositalarning didaktik funksiyalari.

Mazkur vositalarning asosiy didaktik funksiyalarini quyidagicha guruhlash mumkin:

Ko‘rgazmalilik funksiyasi- Murakkab fizik jarayonlarni tasvirlash orqali mavzuning tushunarliligini oshiradi.

Axborot funksiyasi- Katta hajmdagi axborotni ixcham grafik yoki model koʻrinishida taqdim etishga imkon beradi.

Modellashtirish funksiyasi- Real jarayonning raqamli yoki grafik modelini yaratib, uning xususiyatlarini oʻrganish imkonini beradi.

Tadqiqotchilik funksiyasi-Talabaga parametrlarni oʻzgartirish, tajriba oʻtkazish va natijalarni tahlil qilish imkoniyatini beradi.

Nazorat funksiyasi- Talabaning mavzuni qanchalik oʻzlashtirganini interaktiv topshiriqlar orqali aniqlashga yordam beradi.

Rivojlantiruvchi funksiya- Mustaqil fikrlash, tahlil qilish, taqqoslash va muammoli vaziyatlarni hal etish koʻnikmalarini rivojlantiradi.

Fizika fanining ayrim boʻlimlarida modellashtirish imkoniyatlari

Mexanika. Mexanika boʻlimida modellashtirishdan keng foydalanish mumkin. Jismning tekis va notekis harakati, erkin tushishi, gorizontal va qiya otilishi, aylana boʻylab harakat kabi jarayonlarni kompyuter modeli yordamida namoyish etish mumkin. Masalan, qiya otilgan jism harakatini oʻrganishda boshlangʻich tezlik va otilish burchagini oʻzgartirish orqali trayektoriyaning oʻzgarishini kuzatish mumkin. Shu asosda talaba matematik formulalar bilan grafik natijalar oʻrtasidagi bogʻliqlikni aniqlaydi.

Molekulyar fizika va termodinamika. Molekulyar fizika mavzularida zarrachalarning tartibsiz harakatini oddiy koʻz bilan kuzatishning imkoni yoʻq. Kompyuter animatsiyasi yordamida gaz molekulalarining harakati, temperaturaning oʻzgarishi va bosimning hosil boʻlish mexanizmini vizual tarzda namoyish etish mumkin. Ideal gaz modeli yordamida bosim, hajm va temperatura oʻrtasidagi bogʻlanishlarni interaktiv ravishda oʻrganish talabaning mavzuni chuqurroq oʻzlashtirishiga yordam beradi.

Elektrodinamika. Elektr va magnit maydonlarni vizualizatsiya qilish fizika ta'limidagi eng muhim yoʻnalishlardan biridir. Elektr maydon kuch chiziqlari, ekvipotensial sirtlar, magnit induksiya chiziqlari va zaryadlarning oʻzaro ta'sirini interaktiv modellar yordamida koʻrsatish mumkin. Elektr zanjirlarini modellashtirish orqali talabalar turli elementlarni ulash, kuchlanish va tok qiymatlarini kuzatish, zanjirdagi oʻzgarishlarni tahlil qilish imkoniyatiga ega boʻladilar.

Optika. Optik hodisalarni vizual vositalar yordamida tushuntirish ayniqsa samarali.

Yorugʻlikning qaytishi, sinishi, dispersiyasi, interferensiyasi va difraksiyasi kabi hodisalarni animatsiya va modellar yordamida koʻrsatish mumkin.

Masalan, linzaning fokus masofasini oʻzgartirish orqali tasvirning kattaligi va joylashuvining qanday oʻzgarishini interaktiv modelda kuzatish mumkin.

Atom va yadro fizikasi. Atom va yadro fizikasi mavzularida vizualizatsiyaning ahamiyati yanada ortadi. Chunki bu boʻlimdagi koʻplab jarayonlar mikrodunyoda sodir boʻladi. Atom tuzilishi, elektronlarning energiya sathlari, radioaktiv yemirilish, yadro reaksiyalari kabi jarayonlarni animatsiya va

modellashtirish yordamida tushuntirish talabaning mavzuni tasavvur qilishini osonlashtiradi.

Virtual laboratoriyalardan foydalanish. Virtual laboratoriyalar fizika fanini o‘qitishda zamonaviy didaktik vositalardan biridir. Ular laboratoriya tajribalarini raqamli muhitda bajarish imkonini beradi.

Virtual laboratoriyalarning quyidagi afzalliklari mavjud:

- tajribani ko‘p marotaba takrorlash;
- xavfli jarayonlarni xavfsiz muhitda o‘rganish;
- qimmat laboratoriya qurilmalariga bo‘lgan ehtiyojni qisman kamaytirish;
- fizik parametrlarni tezkor o‘zgartirish;
- tajriba natijalarini grafik shaklda ifodalash;
- talabaning individual ishlash imkoniyatini kengaytirish.

Shu bilan birga, virtual laboratoriyani real laboratoriyaning to‘liq o‘rnini bosuvchi vosita sifatida qarash to‘g‘ri emas. Chunki real tajriba talabaning o‘lchash asboblar bilan ishlash, qurilmalarni yig‘ish va tajriba xatoliklarini aniqlash kabi amaliy ko‘nikmalarini shakllantiradi.

Vizual va modellashtiruvchi vositalar asosida ta’lim jarayonini tashkil etish. Samarali dars modelini quyidagi ketma-ketlikda tashkil etish mumkin:

Muammoli vaziyat → vizual namoyish → model bilan tajriba → natijalarni qayd etish → matematik va grafik tahlil → real tajriba → umumlashtirish → xulosa.

Bunday yondashuvda talaba ta’lim jarayonining faol ishtirokchisiga aylanadi.

Masalan, o‘qituvchi erkin tushish hodisasini tushuntirishdan avval talabalarga turli massadagi jismlarning tushish jarayonini ko‘rsatadi. Keyin kompyuter modelida jismlarning massasini o‘zgartirib, tushish vaqtini kuzatishni taklif qiladi. Talabalar natijalarni qayd etib, ularni taqqoslaydilar va fizik qonuniyatni aniqlaydi.

Shundan keyin real laboratoriya tajribasi o‘tkazilib, virtual va real tajriba natijalari solishtiriladi.

Zamonaviy oliy ta’limda asosiy maqsadlardan biri talabaning kompetensiyalarini shakllantirishdir. Vizual va modellashtiruvchi vositalardan foydalanish quyidagi kompetensiyalarni rivojlantirishga yordam beradi:

Ilmiy kompetensiya. Talaba fizik hodisalarni ilmiy asosda tushuntirishni o‘rganadi.

Axborot kompetensiyasi. Turli raqamli manbalardan foydalanish va axborotni tahlil qilish ko‘nikmasi rivojlanadi.

Tadqiqotchilik kompetensiyasi. Gipoteza ilgari surish, tajriba o‘tkazish va natijalarni tahlil qilish imkoniyati yaratiladi.

Kommunikativ kompetensiya. Talabalar guruh bo‘lib model natijalarini muhokama qiladilar.

Muammoli vaziyatlarni hal qilish kompetensiyasi. Fizik muammoni model yordamida tahlil qilish va yechim topish ko‘nikmasi rivojlanadi.

Natijalar va muhokama

Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, vizual va modellashtiruvchi vositalardan metodik jihatdan to‘g‘ri foydalanish fizika fanini o‘qitishning ko‘rgazmalilik darajasini oshiradi hamda talabalarning o‘quv jarayonidagi faolligini kuchaytiradi. Ayniqsa, fizik hodisaning uch xil ifodasini – **real hodisa, matematik model va vizual modelni** o‘zaro bog‘lash muhim pedagogik natija beradi. Masalan: **Fizik hodisa → matematik formula → grafik → kompyuter modeli → real tajriba** ketma-ketligi talabaning hodisani turli nuqtayi nazardan tushunishiga imkon yaratadi.

Shuningdek, modellashtirish talabalarda “agar ... bo‘lsa, nima sodir bo‘ladi?” tarzidagi tadqiqotchilik savollarini shakllantiradi. Talaba model parametrlarini o‘zgartirib, natijalarni oldindan taxmin qiladi va o‘z farazini tajriba orqali tekshiradi. Bunday faoliyat oddiy yodlashdan farqli ravishda tushunchalarning mazmunli o‘zlashtirilishiga xizmat qiladi. Biroq texnologiyadan haddan tashqari foydalanish ham maqsadga muvofiq emas. Agar vizual effektlar fizik mazmunni tushuntirishga xizmat qilmasa, ular talabaning diqqatini chalg‘itishi mumkin. Shu sababli “ko‘proq texnologiya – yuqoriroq samaradorlik” tamoyili emas, balki **“maqsadga muvofiq texnologiya – samarali ta’lim”** tamoyili asosida ish olib borish lozim.

Amaliy metodik tavsiyalar. Oliy ta’lim muassasalarida fizika fanini o‘qitishda quyidagi metodik tavsiyalarni qo‘llash maqsadga muvofiq:

- har bir mavzu uchun asosiy fizik tushunchalarni aks ettiruvchi vizual materiallar bazasini yaratish;
- murakkab jarayonlarni animatsiya orqali bosqichma-bosqich ko‘rsatish;
- talabalarga tayyor modelni faqat kuzatish emas, balki uni boshqarish imkonini berish;
- modeldagi har bir parametrning fizik mazmunini tushuntirish;
- virtual laboratoriya topshiriqlarini real laboratoriya bilan bog‘lash;
- tajriba natijalarini jadval va grafik ko‘rinishida ifodalash;
- talabalarni o‘z modellarini yaratishga jalb qilish;
- kichik guruhlarda modellashtirishga asoslangan topshiriqlar tashkil etish;
- fizik jarayonning turli parametrlarini o‘zgartirishga asoslangan muammoli masalalardan foydalanish;
- dars yakunida talabaning model asosida mustaqil xulosa chiqarishini ta’minlash.

Xulosa

Oliy ta’lim muassasalarida fizika fanini o‘qitishda vizual va modellashtiruvchi vositalardan foydalanish zamonaviy ta’limning muhim yo‘nalishlaridan biridir. Fizik hodisalarning murakkabligi, abstraktligi va ayrim jarayonlarni bevosita kuzatish imkoniyatining cheklanganligi bunday vositalardan foydalanish zaruratini oshirmoqda. Vizualizatsiya fizik

tushunchalarni ko‘rgazmali va tushunarli shaklda ifodalash imkonini bersa, modellashtirish real jarayonning muhim xususiyatlarini soddalashtirilgan holda o‘rganish imkonini yaratadi. Kompyuter modellari va virtual laboratoriyalar esa talabalarga parametrlarni mustaqil boshqarish, tajribalarni takrorlash, natijalarni taqqoslash va fizik qonuniyatlarni mustaqil aniqlash imkonini beradi. Tadqiqot tahlili asosida vizual va modellashtiruvchi vositalarning asosiy didaktik imkoniyatlari sifatida ko‘rgazmalilik, o‘quv materialini individuallashtirish, tadqiqotchilik faoliyatini faollashtirish, nazariya va amaliyotni bog‘lash, fizik tafakkur va mustaqil fikrlashni rivojlantirish imkoniyatlarini ko‘rsatish mumkin.

Shu bilan birga, ushbu vositalardan foydalanish real laboratoriya tajribasini to‘liq almashtirmasligi kerak. Eng maqbul pedagogik yondashuv – vizualizatsiya, kompyuter modellashtirish, virtual laboratoriya va real tajribani yagona didaktik tizim sifatida uyg‘unlashtirishdir.

Fizika darslarini **“muammoli vaziyat → vizualizatsiya → modellashtirish → tajriba → tahlil → xulosa”** ketma-ketligi asosida tashkil etish talabaning o‘quv faoliyatini faollashtirib, uning ilmiy-tadqiqotchilik va amaliy kompetensiyalarini rivojlantirishga xizmat qiladi. Demak, oliy ta’limda fizika fanini o‘qitishda vizual va modellashtiruvchi vositalarning didaktik imkoniyatlarini takomillashtirish nafaqat ta’lim mazmunini zamonaviylashtirish, balki talabalarda mustaqil, ijodiy va ilmiy fikrlashni shakllantirishning samarali vositasi sifatida qaralishi lozim.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Halliday D., Resnick R., Walker J. Fundamentals of Physics. Wiley.
2. Serway R. A., Jewett J. W. Physics for Scientists and Engineers. Cengage Learning.
3. Hestenes D. Modeling Methodology for Physics Teachers.
4. Bransford J. D., Brown A. L., Cocking R. R. How People Learn. National Academy Press.
5. de Jong T., Linn M. C., Zacharia Z. C. Physical and virtual laboratories in science and engineering education // Science. 2013. Vol. 340.
6. Wieman C. E., Adams W. K., Perkins K. K. PhET: Simulations That Enhance Learnin // Science. 2008. Vol. 322.
7. Fizika fanini o‘qitish metodikasiga oid darslik va o‘quv qo‘llanmalar.
8. Pedagogik texnologiyalar va oliy ta’lim metodikasiga oid ilmiy-uslubiy manbalar.

FIZIKA TA’LIMIDA VIZUALIZATSIYA VOSITALARIDAN FOYDALANISH ORQALI TALABALARNING FAZOVIY TAFAKKURINI SHAKLLANTIRISH

Jo‘lanov Hasan Komil o‘g‘li. Samarqand iqtisodiyot va servis instituti Oliy matematika kafedrasi assistenti.+99894-671-91-43 julanovh@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada fizika ta’limi jarayonida vizualizatsiya vositalaridan foydalanishning pedagogik imkoniyatlari va talabalarning fazoviy tafakkurini shakllantirishdagi o‘rni tahlil qilingan. Fizik hodisalar va jarayonlarni grafik tasvirlar, chizmalar, animatsiyalar, virtual modellar, kompyuter simulyatsiyalari hamda uch o‘lchamli modellar orqali ifodalash talabalarning murakkab tushunchalarni o‘zlashtirishini yengillashtiradi. Maqolada fazoviy tafakkurning tarkibiy qismlari, fizikani o‘rganishdagi ahamiyati, vizualizatsiyaning didaktik imkoniyatlari va undan foydalanishning samarali pedagogik shartlari yoritilgan. Shuningdek, mexanika, elektr va magnetizm, optika hamda zamonaviy fizika mavzularida vizual vositalardan foydalanish bo‘yicha metodik yondashuvlar tavsiya etilgan.

Kalit so‘zlar: fizika ta’limi, fazoviy tafakkur, vizualizatsiya, pedagogik texnologiya, raqamli ta’lim, kompyuter modeli, 3D model, animatsiya, simulyatsiya, interaktiv ta’lim.

Kirish. Ta’lim tizimining zamonaviy rivojlanish bosqichida talabalarning nafaqat tayyor bilimlarni egallashi, balki mustaqil fikrlashi, muammoli vaziyatlarni tahlil qilishi va olingan bilimlarni amaliy faoliyatda qo‘llay olishi muhim talab sifatida qaralmoqda. Ayniqsa, fizika fanini o‘qitishda talabaning tasavvur qilish, modellashtirish va fazoviy munosabatlarni aniqlash qobiliyatlarini rivojlantirish katta ahamiyatga ega. Fizika fanidagi ko‘plab jarayonlar uch o‘lchamli fazoda sodir bo‘ladi. Biroq o‘quv jarayonida ular ko‘pincha ikki o‘lchamli rasmlar yoki formulalar yordamida ifodalanadi. Natijada talaba fizik jarayonning real fazoviy holatini tasavvur qilishda qiyinchilikka duch kelishi mumkin.

Shu nuqtayi nazardan, vizualizatsiya vositalaridan foydalanish fizik obyekt va hodisalarni ko‘rinarli shaklga keltirish, ularning fazodagi joylashuvi va harakatini kuzatish hamda fizik kattaliklar orasidagi bog‘lanishlarni yaxshiroq anglash imkonini beradi.

Fazoviy tafakkurning mohiyati. Fazoviy tafakkur insonning obyekt va hodisalarning fazodagi holatini tasavvur qilish, ularni turli nuqtayi nazardan ko‘rish, fazoviy o‘zgarishlarni oldindan taxmin qilish va ular o‘rtasidagi munosabatlarni aniqlash qobiliyatidir.

Fizika fanida fazoviy tafakkur quyidagi ko‘nikmalar orqali namoyon bo‘ladi:

- obyektning fazodagi holatini aniqlash;
- koordinatalar sistemasi bilan ishlash;
- vektorlarning yo‘nalishini tasavvur qilish;
- jismlarning harakat trayektoriyasini aniqlash;
- kuchlarning yo‘nalishini belgilash;
- fizik maydonlarning fazoviy tuzilishini tushunish;

- uch o‘lchamli modellarni tahlil qilish;
- obyektning bir holatdan ikkinchi holatga o‘tishini tasavvur qilish.

Demak, fazoviy tafakkur fizik bilimlarni chuqur o‘zlashtirishning muhim shartlaridan biridir.

Fizika ta’limida vizualizatsiyaning didaktik imkoniyatlari.

Vizualizatsiya o‘quv materialini ko‘rish mumkin bo‘lgan shaklga o‘tkazish jarayonidir. U oddiy chizma yoki rasmdan tortib, murakkab kompyuter simulyatsiyalarigacha bo‘lgan vositalarni o‘z ichiga oladi.

Fizika ta’limida vizualizatsiya quyidagi vazifalarni bajaradi:

- murakkab tushunchalarni soddalashtiradi;
- abstrakt obyektlarni tasavvur qilishga yordam beradi;
- fizik jarayonlarning dinamikasini ko‘rsatadi;
- sabab-oqibat bog‘lanishlarini aniqlashga imkon beradi;
- talabaning kuzatuvchanligini rivojlantiradi;
- mustaqil fikrlashni rag‘batlantiradi.

Masalan, kuch va tezlanish o‘rtasidagi bog‘lanishni faqat F=ma formulasi orqali tushuntirish yetarli bo‘lmasligi mumkin. Interaktiv modelda kuch qiymatini o‘zgartirish orqali tezlanishning qanday o‘zgarishini ko‘rsatish talabaning fizik qonuniyatni intuitiv ravishda anglashiga yordam beradi.

Vizual vositalarning asosiy turlari. Fizika ta’limida foydalanish mumkin bo‘lgan vizual vositalarni bir necha guruhga ajratish mumkin.

Grafik va chizma vositalari. Grafiklar fizik kattaliklar orasidagi bog‘lanishni ko‘rsatishda muhim vosita hisoblanadi.

Masalan:

- s(t) – yo‘lning vaqtga bog‘liqligi;
- v(t) – tezlikning vaqtga bog‘liqligi;
- a(t) – tezlanishning vaqtga bog‘liqligi.

Grafiklarni tahlil qilish orqali talaba fizik jarayonning vaqt davomida qanday o‘zgarishini tushunadi.

Animatsiyalar. Animatsiyalar harakat va o‘zgarishlarni dinamik tarzda namoyish etadi. Masalan, to‘lqin tarqalishi, yorug‘likning sinishi, sayyoralar harakati yoki elektr zaryadlarining o‘zaro ta’sirini animatsiya yordamida ko‘rsatish mumkin.

Kompyuter simulyatsiyalari. Simulyatsiyalar real tajribani virtual muhitda modellashtirish imkonini beradi. Talaba tajriba parametrlarini o‘zgartirib, natijalarni kuzatadi. Bu esa tajriba va nazariyaning o‘zaro bog‘liqligini anglashga yordam beradi.

Uch o‘lchamli modellar. 3D modellar fazoviy tafakkurni rivojlantirish uchun ayniqsa samarali. Masalan, elektromagnit maydon, kristall panjara, atom modeli yoki mexanik qurilmaning tuzilishini uch o‘lchamda ko‘rish talabaning obyekt haqida yaxlit tasavvur hosil qilishiga imkon beradi.

Mexanika mavzularini o‘qitishda vizualizatsiya. Mexanika fizikaning fazoviy tasavvurga eng ko‘p ehtiyoj sezadigan bo‘limlaridan biridir.

Masalan, qiya tekislikdagi jism harakatini o‘rganishda talaba jismga ta’sir qiluvchi og‘irlik kuchi, tayanch reaksiya kuchi va ishqalanish kuchining yo‘nalishini tasavvur qilishi kerak.

Vizual model yordamida ushbu kuchlarni turli rangdagi vektorlar orqali ko‘rsatish mumkin. Qiya tekislikning burchagi o‘zgartirilganda kuchlarning tashkil etuvchilari ham o‘zgaradi.

Bu jarayon talabaning:

- vektorlarni fazoda tasavvur qilish;
- kuchlarni tarkibiy qismlarga ajratish;
- fizik kattaliklar orasidagi bog‘lanishni ko‘rish

ko‘nikmalarini rivojlantiradi.

Elektr va magnetizmni o‘qitishda vizual texnologiyalar. Elektr va magnit maydonlar bevosita ko‘zga ko‘rinmaydi. Shu sababli mazkur mavzularda vizualizatsiyadan foydalanish juda muhim.

Elektr maydonining kuch chiziqlarini grafik tarzda ko‘rsatish orqali talaba maydonning yo‘nalishi va kuchlanganligini tasavvur qiladi.

Magnit maydonini o‘rganishda esa magnit induksiya chiziqlari, tok yo‘nalishi va Amper kuchining yo‘nalishini birgalikda ko‘rsatish mumkin.

Interaktiv modelda tok kuchi yoki magnit maydon qiymatini o‘zgartirish natijasida kuchning qanday o‘zgarishini kuzatish mumkin.

Optikani o‘qitishda vizualizatsiyaning o‘rni. Optika bo‘limida vizual vositalardan foydalanish ayniqsa samarali.

Masalan, linza orqali tasvir hosil bo‘lishini o‘rganishda:

- buyumning joylashuvi;
- fokus masofasi;
- optik o‘q;
- tushuvchi nur;
- qaytgan yoki singan nur;
- hosil bo‘lgan tasvir

bir vaqtning o‘zida ko‘rsatilishi mumkin.

Talaba linzaning parametrlarini o‘zgartirib, tasvirning holati va kattaligi qanday o‘zgarishini kuzatadi. Shu orqali u geometrik optika qonunlarini amaliy kuzatish asosida o‘zlashtiradi.

Virtual laboratoriyalarning ahamiyati. Virtual laboratoriyalar fizik tajribalarni raqamli muhitda bajarish imkonini beradi. Ularning asosiy afzalligi – tajribani xavfsiz va ko‘p marotaba takrorlash imkoniyatidir.

Virtual laboratoriya yordamida talaba:

1. tajriba shartlarini belgilaydi;
2. kerakli asboblarni tanlaydi;
3. fizik kattaliklarni o‘zgartiradi;
4. natijalarni kuzatadi;
5. grafik yoki jadval tuzadi;
6. xulosa chiqaradi.

Bunday faoliyat talabaning nafaqat fazoviy tafakkurini, balki tadqiqotchilik kompetensiyasini ham rivojlantiradi.

Vizualizatsiya va talabaning mustaqil fikrlashi. Vizual texnologiyalarni to‘g‘ri tashkil etilgan topshiriqlar bilan birlashtirish muhim.

Masalan, o‘qituvchi talabalarga tayyor animatsiyani ko‘rsatibgina qolmasdan:

“Agar massa ikki marta oshirilsa, tezlanish qanday o‘zgaradi?”

yoki **“Aylanish radiusi ikki marta oshirilsa, markazga intilma tezlanish qanday o‘zgaradi?”** kabi savollar berishi mumkin.

Talaba avval natijani taxmin qiladi, keyin vizual model orqali tekshiradi. Bunday yondashuv **bashorat qilish – kuzatish – taqqoslash – xulosa chiqarish** ketma-ketligini shakllantiradi.

Vizual texnologiyalardan samarali foydalanish shartlari

Vizual vositalardan foydalanishning samaradorligi bir necha pedagogik shartlarga bog‘liq.

Birinchidan, vizual material darsning aniq maqsadiga mos bo‘lishi kerak.

Ikkinchidan, vizualizatsiya nazariy bilimni almashtirmasligi, balki uni tushunishga yordam berishi kerak.

Uchinchidan, talaba vizual materialni passiv kuzatmasdan, u bilan faol ishlashi zarur.

To‘rtinchidan, vizual modeldan foydalanishdan oldin talabaning avvalgi bilimlari faollashtirilishi maqsadga muvofiq.

Beshinchidan, o‘qituvchi real tajriba, matematik hisoblash, grafik tasvir va raqamli modelni o‘zaro bog‘lay olishi kerak.

Kutiladigan pedagogik natijalar.

Vizual texnologiyalardan tizimli foydalanish natijasida talabalarda quyidagi ko‘nikmalar rivojlanishi mumkin:

- fazoviy obyektlarni tasavvur qilish;
- fizik modellarni tahlil qilish;
- vektorlarning yo‘nalishini aniqlash;
- grafiklarni o‘qish;
- uch o‘lchamli modellar bilan ishlash;
- fizik jarayonlarni modellashtirish;
- mustaqil xulosa chiqarish;
- muammoli vaziyatlarni hal qilish.

Shuningdek, talabaning fanga bo‘lgan qiziqishi va darsdagi faolligi ortishi mumkin.

Xulosa: Fizika fanini o‘qitishda vizualizatsiya vositalaridan foydalanish ta’lim mazmunini tushunarli va samarali tashkil etishning muhim vositalaridan biridir. Ayniqsa, fazoviy tafakkurni shakllantirishda grafik tasvirlar, animatsiyalar, kompyuter simulyatsiyalari, virtual laboratoriyalar va 3D modellar katta pedagogik imkoniyatlarga ega.

Vizual texnologiyalar yordamida talaba fizik obyekt va hodisalarni nafaqat kuzatadi, balki ularning fazodagi joylashuvi, harakati va o‘zaro ta’sirini tahlil qiladi. Bu esa nazariy bilimlarni amaliy faoliyat bilan bog‘lashga imkon beradi.

Shuni ta’kidlash kerakki, vizual texnologiyalarning samaradorligi ularning soni yoki murakkabligiga emas, balki pedagogik maqsadga qanchalik to‘g‘ri moslashtirilganiga bog‘liq. Shuning uchun o‘qituvchi vizual vositalarni tanlashda talabalarning bilim darajasi, mavzuning xususiyati va kutilayotgan ta’lim natijalarini hisobga olishi lozim.

Umuman olganda, vizualizatsiyaga asoslangan fizika ta’limi talabalarning fazoviy tafakkurini rivojlantirish, fizik tushunchalarni chuqur o‘zlashtirish va zamonaviy ilmiy dunyoqarashni shakllantirish uchun samarali pedagogik imkoniyat yaratadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Halliday D., Resnick R., Walker J. *Fundamentals of Physics*. Wiley.
2. Young H. D., Freedman R. A. *University Physics with Modern Physics*. Pearson.
3. Serway R. A., Jewett J. W. *Physics for Scientists and Engineers*. Cengage Learning.
4. Mayer R. E. *Multimedia Learning*. Cambridge University Press.
5. McDermott L. C., Shaffer P. S. *Tutorials in Introductory Physics*. Pearson.
6. Hake R. R. Interactive-engagement methods in introductory mechanics courses. *American Journal of Physics*.

FIZIKA TA’LIMIDA MODELLASHTIRISH METODINING INTERFAOL PLATFORMALAR ASOSIDA EKOLOGIK TA’LIM BILAN INTEGRATSIYASI

Jo‘lanov Hasan Komil o‘g‘li. Samarqand iqtisodiyot va servis instituti Oliy matematika kafedrasi assistenti.+99894-671-91-43 julanovh@gmail.com

Annotatsiya: Mazkur maqolada fizika ta’limida modellashtirish metodidan interfaol raqamli platformalar asosida foydalanish va uni ekologik ta’lim bilan integratsiyalash masalalari yoritilgan. Zamonaviy ta’lim jarayonida fizik qonuniyatlarni real ekologik muammolar bilan bog‘lash talabalarning fanlararo bilimlarini rivojlantirish, ilmiy dunyoqarashini shakllantirish va tabiatga mas’uliyatli munosabatini kuchaytirishda muhim ahamiyatga ega. Maqolada ekologik jarayonlarni fizik modellashtirish, xususan, issiqlik almashinuvi, atmosfera ifloslanishi, energiya samaradorligi, quyosh energiyasi, suv resurslari va iqlim o‘zgarishi kabi masalalarni interfaol platformalarda o‘rganish imkoniyatlari tahlil qilinadi. Shuningdek, modellashtirish asosida tashkil etilgan darslarning talabalarda muammoli fikrlash, tahlil qilish, prognozlash va ekologik qarorlar qabul qilish kompetensiyalarini rivojlantirishdagi o‘rni ko‘rsatilgan.

Kalit so‘zlar: fizika ta’limi, modellashtirish, interfaol platforma, ekologik ta’lim, ekologik muammolar, raqamli texnologiyalar, simulyatsiya, iqlim o‘zgarishi, energiya samaradorligi, fanlararo integratsiya.

Kirish: Bugungi kunda ekologik muammolarning global miqyosda kuchayib borishi yosh avlodga ekologik bilim berish va ularda tabiatga nisbatan mas’uliyatli munosabatni shakllantirishni ta’limning muhim vazifalaridan biriga aylantirmoqda. Iqlim o‘zgarishi, atmosfera havosining ifloslanishi, energiya resurslaridan oqilona foydalanish, suv tanqisligi va qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish kabi masalalar nafaqat ekologiya, balki fizika bilan ham bevosita bog‘liq.

Fizika tabiatdagi energiya va modda almashinuvi, issiqlik jarayonlari, mexanik harakat, elektromagnit hodisalar, radiatsiya va boshqa jarayonlarning fundamental qonuniyatlarini o‘rganadi. Shu sababli ekologik jarayonlarning ko‘pchiligini fizik qonunlar asosida tushuntirish va modellashtirish mumkin.

Ta’lim jarayonida interfaol platformalardan foydalanish esa bunday modellarni talaba uchun ko‘rgazmali, boshqariladigan va tajriba asosida o‘rganiladigan shaklga keltiradi.

Fizik modellashtirish va ekologik ta’limning o‘zaro bog‘liqligi.

Modellashtirish – real obyekt, hodisa yoki jarayonning muhim xususiyatlarini saqlagan holda uning soddalashtirilgan modelini yaratish va o‘rganish jarayonidir.

Ekologik jarayonlar ko‘pincha murakkab va ko‘p omilli bo‘ladi. Masalan, atmosferadagi haroratning o‘zgarishiga quyosh radiatsiyasi, issiqxona gazlari, namlik, shamol tezligi va boshqa ko‘plab omillar ta’sir qiladi.

Bunday jarayonni real sharoitda to‘liq tajriba orqali o‘rganish qiyin. Fizik modellashtirish esa jarayonning ayrim parametrlarini ajratib, ularning natijaga ta’sirini alohida o‘rganish imkonini beradi.

Masalan:

CO_2 miqdori → issiqlikni ushlab qolish → atmosfera haroratining o‘zgarishi

kabi sabab-oqibat zanjirini model orqali o‘rganish mumkin.

Interfaol platformalarning ta’limdagi imkoniyatlari.

Interfaol platformalar talabaning model bilan bevosita ishlashini ta’minlaydi. Bunda talaba tayyor ma’lumotni qabul qiluvchi emas, balki tajribani boshqaruvchi va natijalarni tahlil qiluvchi subyektga aylanadi.

Interfaol muhitda talaba:

- parametrlarni o‘zgartiradi;
- fizik jarayonni kuzatadi;
- natijalarni grafikda ifodalaydi;
- gipoteza ilgari suradi;
- turli stsenariylarni taqqoslaydi;
- prognoz qiladi;
- xulosa chiqaradi.

Shu jihatdan modellashtirish metodi muammoli va tadqiqotga yo‘naltirilgan ta’lim bilan uyg‘unlashadi.

Fizika va ekologiyani integratsiyalashning asosiy yo‘nalishlari.

1. Energiya samaradorligi

Talabalarga turli binolarning issiqlik yo‘qotishlarini modellashtirish topshirig‘i berilishi mumkin.

Modelda:

- bino devorining qalinligi;
- issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsiyenti;
- tashqi va ichki harorat;
- deraza maydoni;
- issiqlik izolyatsiyasi

kabi parametrlar o‘zgartiriladi.

Talaba qaysi sharoitda energiya sarfi kamayishini aniqlaydi.

Bu orqali fizikaning **issiqlik almashinuvi** mavzusi ekologik jihatdan – energiyani tejash va karbonat chiqindilarini kamaytirish masalalari bilan bog‘lanadi.

2. Quyosh energiyasini modellashtirish.

Quyosh panellarining ishlashini modellashtirish orqali fizika va ekologiyani birlashtirish mumkin.

Modelda:

- quyosh nurlanish intensivligi;
- panelning yuzasi;
- tushish burchagi;
- panelning samaradorligi

kabi parametrlar o‘zgartiriladi.

Talaba quyosh energiyasidan qancha elektr energiyasi olish mumkinligini hisoblaydi va qayta tiklanuvchi energiya manbalarining ekologik afzalliklarini baholaydi.

3. Atmosfera ifloslanishini modellashtirish.

Atmosfera havosidagi zararli moddalar konsentratsiyasining tarqalishini soddalashtirilgan fizik model yordamida o‘rganish mumkin.

Bunda:

- shamol tezligi;
- ifloslantiruvchi modda miqdori;
- manbadan masofa;
- tarqalish vaqti

kabi omillar hisobga olinadi.

Talabalar parametrlarni o‘zgartirib, ifloslanishning fazoda tarqalishini kuzatadilar.

Bu topshiriq mexanika, diffuziya va gazlar fizikasi bilan ekologik muammolarni bog‘lash imkonini beradi.

4. Suv resurslarini o‘rganish

Suvning oqimi, bug‘lanishi va issiqlik almashinuvi kabi jarayonlarni fizik model asosida o‘rganish mumkin.

Masalan, suv havzasining harorat o‘zgarishini quyosh radiatsiyasi va tashqi haroratga bog‘lab modellashtirish orqali suv ekotizimlariga ta’sir qiluvchi fizik omillarni tushuntirish mumkin.

5. Iqlim o‘zgarishini modellashtirish

Iqlim o‘zgarishi mavzusida soddalashtirilgan energetik modeldan foydalanish talabalarga Yerning energiya balansi haqida tushuncha beradi.

Modelda:

Quyoshdan kelayotgan energiya → Yer yuzasi tomonidan yutilish → issiqlik nurlanishi → atmosferada energiyaning ushlanishi

jarayoni ko‘rsatiladi.

Talaba ayrim parametrlarni o‘zgartirib, Yerning o‘rtacha harorati qanday o‘zgarishini kuzatishi mumkin.

Bu usul orqali issiqxona effekti, energiya balansi va iqlim o‘zgarishi o‘rtasidagi bog‘liqlik tushuntiriladi.

Modellashtirish asosida interfaol darsni tashkil etish.

Ekologik mazmundagi fizik darsni quyidagi bosqichlarda tashkil etish mumkin:

1-bosqich. Muammoli vaziyat yaratish.

O‘qituvchi real ekologik muammoni taqdim etadi.

Masalan: “Nima sababdan energiyani tejash atmosferaga chiqariladigan zararli gazlar miqdorini kamaytirishga yordam beradi?”

2-bosqich. Fizik qonuniyatni aniqlash.

Talabalar muammoni hal qilish uchun zarur fizik tushunchalarni aniqlaydilar.

Masalan:

- issiqlik almashinuvi;
- energiya saqlanish qonuni;
- quvvat;
- foydali ish koeffitsiyenti.

3-bosqich. Model yaratish

Ekologik jarayonning soddalashtirilgan fizik modeli tuziladi.

4-bosqich. Interfaol tajriba

Talabalar model parametrlarini o‘zgartirib, turli natijalarni kuzatadilar.

5-bosqich. Natijalarni tahlil qilish

Olingan ma’lumotlar jadval, grafik yoki diagramma ko‘rinishida ifodalanadi.

6-bosqich. Ekologik xulosa

Talaba fizik natijani ekologik muammo bilan bog‘laydi va amaliy taklif ishlab chiqadi.

Modellashtirish metodining kompetensiyalarni rivojlantirishdagi o‘rni

Fizik-ekologik modellashtirish talabalarda bir vaqtning o‘zida bir nechta kompetensiyalarni shakllantiradi.

Ilmiy kompetensiya: fizik qonuniyatlarni real hodisalarga qo‘llash.

Axborot kompetensiyasi: raqamli platformalarda ma’lumotlarni izlash, qayta ishlash va tahlil qilish.

Tadqiqotchilik kompetensiyasi: gipoteza ilgari surish va uni tajriba orqali tekshirish.

Ekologik kompetensiya: inson faoliyatining tabiatga ta’sirini anglash.

Muammoli fikrlash: murakkab ekologik muammoni fizik nuqtayi nazardan tahlil qilish.

Prognozlash: model asosida kelajakdagi holatlarni bashorat qilish.

Amaliy topshiriq namunasi

Talabalarga quyidagi topshiriq berilishi mumkin:

“Universitet binosida energiya sarfini kamaytirishning eng samarali usulini aniqlang.”

Talabalar interfaol modelda quyidagi parametrlarni o‘zgartiradilar:

- xona harorati;
- tashqi harorat;
- devor qalinligi;
- issiqlik izolyatsiyasi;
- deraza maydoni;
- isitish tizimining quvvati.

So‘ngra turli variantlarning energiya sarfini taqqoslaydilar.

Yakunida talabalar:

1. eng kam energiya sarflaydigan variantni aniqlaydi;
2. energiya tejamkorligining fizik sababini tushuntiradi;
3. energiya sarfining ekologik oqibatlarini tahlil qiladi;
4. binoda energiya samaradorligini oshirish bo‘yicha taklif beradi.

Shunday qilib, bitta topshiriqning o‘zida fizika, matematika, axborot texnologiyalari va ekologik ta’lim elementlari birlashtiriladi.

O‘qituvchi uchun metodik tavsiyalar.

Interfaol modellashtirishdan foydalanishda o‘qituvchi quyidagi jihatlarga e’tibor qaratishi maqsadga muvofiq:

- model real jarayonning barcha xususiyatlarini emas, muhim jihatlarini aks ettirishini tushuntirish;
- talabalarga tayyor xulosani bermaslik;
- parametrlarni mustaqil o‘zgartirish imkoniyatini yaratish;
- ekologik muammoni fizik qonun bilan bog‘lash;
- grafik va jadvallarni tahlil qildirish;
- model natijalarini real hayotdagi vaziyatlar bilan taqqoslash;
- modelning imkoniyatlari va cheklovlarini muhokama qilish.

Xulosa

Fizika ta’limida modellashtirish metodini interfaol platformalar asosida ekologik ta’lim bilan integratsiyalash zamonaviy pedagogikaning istiqbolli yo‘nalishlaridan biridir. Bunday yondashuv fizik qonunlarni real ekologik muammolar bilan bog‘lash, murakkab jarayonlarni vizual va interaktiv shaklda o‘rganish hamda talabalarning tadqiqotchilik faoliyatini rivojlantirish imkonini beradi.

Energiya samaradorligi, qayta tiklanuvchi energiya, atmosfera ifloslanishi, suv resurslari va iqlim o‘zgarishi kabi masalalarni fizik modellashtirish orqali o‘rganish talabalarda fanlararo fikrlashni shakllantiradi.

Interfaol modellashtirishning muhim jihati shundaki, talaba fizik jarayonni faqat kuzatibgina qolmay, balki uning parametrlarini boshqaradi, natijalarni tahlil qiladi va ekologik muammoga nisbatan ilmiy asoslangan xulosa chiqaradi.

Shu sababli fizika darslarida ekologik mazmundagi modellashtirish topshiriqlaridan tizimli foydalanish talabalarning fizik bilimlarini chuqurlashtirish bilan birga, ularda ekologik madaniyat, ilmiy dunyoqarash va barqaror rivojlanish masalalariga mas’uliyatli munosabatni shakllantirishga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Serway R. A., Jewett J. W. *Physics for Scientists and Engineers*. Cengage Learning.
2. Gilbert J. K., Boulter C. J. *Developing Models in Science Education*. Kluwer Academic Publishers.
3. National Research Council. *A Framework for K-12 Science Education*. National Academies Press.
4. PhET Interactive Simulations. University of Colorado Boulder.
5. UNESCO. *Education for Sustainable Development: A Roadmap*.

OLIY TA’LIMDA FIZIKA KURSLARINI VIZUALIZATSIYA VA MODELLASHTIRISH ASOSIDA O‘QITISHNING DIDAKTIK TAMOYILLARI: YASHIL IQTISODIYOT BILAN INTEGRATSIYALASHUV

Jo‘lanov Hasan Komil o‘g‘li. Samarqand iqtisodiyot va servis instituti Oliy matematika kafedrasi assistenti.+99894-671-91-43 julanovh@gmail.com

Annotatsiya: Mazkur maqolada oliy ta’limda fizika kurslarini vizualizatsiya va modellashtirish asosida o‘qitishning didaktik tamoyillari hamda ushbu jarayonni yashil iqtisodiyot konsepsiyasi bilan integratsiyalash masalalari

yoritilgan. Zamonaviy sharoitda energiya resurslaridan oqilona foydalanish, qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirish, energiya samaradorligini oshirish va atrof-muhitga salbiy ta’sirni kamaytirish masalalari oliy ta’lim oldiga yangi pedagogik vazifalarni qo‘ymoqda. Fizika fani mazkur jarayonning ilmiy asoslaridan biri bo‘lib, uning mazmunini vizualizatsiya, interfaol modellashtirish va ekologik-iqtisodiy masalalar bilan boyitish talabalarning fanlararo fikrlashini rivojlantirish imkonini beradi. Maqolada fizik jarayonlarni vizual ifodalash, kompyuter modellaridan foydalanish, yashil texnologiyalarni fizik qonuniyatlar bilan bog‘lash va talabalarda fizik, raqamli, ekologik hamda iqtisodiy kompetensiyalarni shakllantirishning metodik imkoniyatlari tahlil qilinadi. Tadqiqot natijasida fizika ta’limini yashil iqtisodiyot bilan integratsiyalashga qaratilgan didaktik model taklif etiladi.

Kalit so‘zlar: oliy ta’lim, fizika ta’limi, vizualizatsiya, modellashtirish, interfaol ta’lim, yashil iqtisodiyot, yashil texnologiyalar, energiya samaradorligi, qayta tiklanuvchi energiya, ekologik kompetensiya, barqaror rivojlanish.

Kirish: Bugungi kunda jahon miqyosida iqtisodiy rivojlanish jarayonlarini ekologik barqarorlik bilan uyg‘unlashtirish muhim vazifalardan biriga aylanmoqda. Energiya resurslarining cheklanganligi, iqlim o‘zgarishi, tabiiy resurslardan haddan tashqari foydalanish va atrof-muhitning ifloslanishi iqtisodiyotning an’anaviy rivojlanish modelini qayta ko‘rib chiqishni talab qilmoqda. Shu nuqtayi nazardan, yashil iqtisodiyot konsepsiyasi resurslardan samarali foydalanish, energiya tejamkorligini oshirish, qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish va ekologik xavflarni kamaytirishga yo‘naltirilgan rivojlanish modeli sifatida muhim ahamiyat kasb etmoqda.

Yashil iqtisodiyotning texnologik asoslarini shakllantirishda tabiiy va texnik fanlarning o‘rni katta. Ayniqsa, fizika fani energiya, issiqlik, elektr, mexanik harakat, yorug‘lik, elektromagnit hodisalar va boshqa tabiiy jarayonlarning qonuniyatlarini o‘rganganligi sababli yashil texnologiyalarning ilmiy asosini tashkil etadi.

Quyosh panellari, shamol generatorlari, energiya tejamkor qurilmalar, elektromobillar, issiqlik nasoslari va energiya saqlash tizimlarining ishlash mexanizmlarini tushunish fizik bilimlarga tayanadi. Shu sababli oliy ta’limda fizika kurslarini o‘qitishda mazkur texnologiyalar bilan bog‘liq masalalardan foydalanish talabalarning fan bo‘yicha bilimlarini amaliy mazmun bilan boyitadi.

Zamonaviy raqamli texnologiyalar esa fizik jarayonlarni vizualizatsiya va modellashtirish orqali o‘rganish uchun keng imkoniyatlar yaratmoqda. Interfaol modellar yordamida talaba fizik kattaliklarning o‘zgarishini kuzatishi, parametrlarni mustaqil o‘zgartirishi, natijalarni grafik shaklda tahlil qilishi va turli texnologik variantlarni taqqoslashi mumkin.

Shu jihatdan **fizika – vizualizatsiya – modellashtirish – yashil texnologiya – iqtisodiy va ekologik samaradorlik** tizimiga asoslangan ta’lim yondashuvi dolzarb pedagogik yo‘nalishlardan biri hisoblanadi.

Tadqiqotning maqsadi va vazifalari.

Tadqiqotning maqsadi oliy ta’limda fizika kurslarini vizualizatsiya va modellashtirish asosida o‘qitishning didaktik tamoyillarini aniqlash hamda ularni yashil iqtisodiyot mazmuni bilan integratsiyalashning metodik asoslarini ishlab chiqishdan iborat.

Mazkur maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar belgilandi:

- fizika ta’limida vizualizatsiyaning didaktik imkoniyatlarini aniqlash;
- modellashtirish metodining ta’lim jarayonidagi ahamiyatini tahlil qilish;
- fizika va yashil iqtisodiyot o‘rtasidagi fanlararo aloqalarni aniqlash;
- fizik mavzularni yashil texnologiyalar bilan bog‘lash;
- interfaol modellashtirish asosida talabalarning tadqiqotchilik faoliyatini tashkil etish;
- talabalarda fizik, raqamli, ekologik va iqtisodiy kompetensiyalarni shakllantirishga yo‘naltirilgan didaktik model ishlab chiqish.

Tadqiqot metodologiyasi.

Tadqiqotda tizimli, kompetensiyaviy, faoliyatga yo‘naltirilgan va fanlararo yondashuvlardan foydalanildi. Shuningdek, ilmiy-pedagogik adabiyotlarni tahlil qilish, taqqoslash, umumlashtirish, modellashtirish va didaktik loyihalash metodlari qo‘llanildi.

Tadqiqotning asosiy g‘oyasi shundan iboratki, fizik bilim talaba uchun faqat nazariy ma’lumotlar yig‘indisi sifatida emas, balki real ekologik va texnologik muammolarni hal qilish vositasi sifatida taqdim etilishi lozim.

Bunda o‘quv faoliyati quyidagi ketma-ketlikda tashkil qilinadi:

Muammo → fizik qonuniyat → vizual model → interfaol modellashtirish → natijalarni tahlil qilish → ekologik-iqtisodiy baholash → xulosa.

Fizika ta’limida vizualizatsiyaning didaktik ahamiyati

Fizika fanida ko‘plab jarayon va hodisalar bevosita kuzatish uchun murakkab yoki imkonsizdir. Elektr va magnit maydonlari, atom va molekulalar harakati, elektromagnit to‘lqinlar, issiqlikning tarqalishi kabi hodisalarni oddiy tajriba yordamida to‘liq ko‘rsatish imkoniyati mavjud emas.

Vizualizatsiya ushbu jarayonlarni grafik, diagramma, animatsiya, 3D tasvir va interaktiv modellar yordamida ifodalash imkonini beradi.

Vizualizatsiyaning asosiy didaktik vazifalari quyidagilardan iborat:

- abstrakt fizik tushunchalarni konkretlashtirish;
- fizik kattaliklar o‘rtasidagi bog‘lanishni ko‘rsatish;
- dinamik jarayonlarni vaqt bo‘yicha kuzatish;
- fazoviy tafakkurni rivojlantirish;
- murakkab jarayonlarni soddalashtirib tushuntirish;
- nazariy bilimni amaliy vaziyat bilan bog‘lash.

Masalan, issiqlik o‘tkazuvchanligini o‘rganishda turli materiallarning issiqlik oqimini rangli grafik orqali ko‘rsatish talabaning jarayonni tasavvur qilishini osonlashtiradi. Agar modelda devor materiali va

qalinligini o‘zgartirish imkoniyati mavjud bo‘lsa, talaba energiya samaradorligi bilan fizik parametrlar o‘rtasidagi bog‘lanishni mustaqil aniqlaydi.

Modellashtirish metodining ta’limdagi imkoniyatlari.

Modellashtirish real jarayon yoki obyektning muhim xususiyatlarini saqlagan holda uning soddalashtirilgan modelini yaratish va o‘rganish imkonini beradi.

Fizika ta’limida matematik, grafik, fizik, kompyuter va simulyatsion modellardan foydalanish mumkin.

Interfaol modellashtirishning afzalligi shundaki, talaba modelning ayrim parametrlarini mustaqil ravishda o‘zgartiradi va natijani kuzatadi. Natijada o‘quv jarayoni “tayyor bilimni o‘zlashtirish”dan “bilimni tajriba orqali kashf etish”ga yaqinlashadi.

Masalan, quyosh panelining ishlab chiqaradigan quvvatini soddalashtirilgan holda quyidagi ifoda bilan modellashtirish mumkin:

$$P = \eta I S$$

Bu yerda **P** – ishlab chiqariladigan quvvat, **η** – panel samaradorligi, **I** – quyosh nurlanish intensivligi, **S** – panel yuzasi.

Talaba ushbu parametrlarni o‘zgartirib, quyosh panelining turli sharoitlardagi samaradorligini tahlil qilishi mumkin.

Fizika va yashil iqtisodiyotning fanlararo integratsiyasi.

Yashil iqtisodiyot ekologik xavfsizlik, resurslardan samarali foydalanish va iqtisodiy rivojlanishni uyg‘unlashtirishga qaratilgan. Fizika fani esa yashil iqtisodiyotning ko‘plab texnologik yo‘nalishlari uchun fundamental asos vazifasini bajaradi.

Quyidagi jadval ushbu aloqani ko‘rsatadi:

Fizika bo‘limi	**Yashil iqtisodiyot yo‘nalishi**	**Amaliy mazmun**
Mexanika	Yashil transport	Energiya sarfi va harakat
Molekulyar fizika	Resurs samaradorligi	Modda va issiqlik almashinuvi
Termodinamika	Energiya samaradorligi	Issiqlik yo‘qotishlarini kamaytirish
Elektr	Energiya tejamkorligi	Elektr energiyasidan samarali foydalanish
Optika	Quyosh energetikasi	Quyosh nurlanishidan foydalanish
Elektromagnetizm	Elektr transporti	Elektrodvigatel va elektromobil
Atom fizikasi	Energetika	Quyosh va boshqa energiya manbalari

Bunday integratsiya talabaning fizik bilimlarini real iqtisodiy va ekologik muammolar bilan bog‘lash imkonini beradi.

Yashil iqtisodiyot mazmunida modellashtirish. Quyosh energetikasi.

Quyosh energetikasi mavzusida talabalar quyosh panelining ishlash prinsipini modellashtirishlari mumkin.

Modelda quyosh nurlanish intensivligi, panel yuzasi, tushish burchagi va foydali ish koeffitsiyenti kabi parametrlar o‘zgartiriladi.

Talabaga quyidagi muammo beriladi: “Quyosh panelidan maksimal energiya olish uchun qanday sharoitni tanlash kerak?”

Talaba turli variantlarni modellashtiradi va eng samarali holatni aniqlaydi.

Bu topshiriq orqali optika, elektr va energetika bo‘yicha bilimlar yashil iqtisodiyot bilan bog‘lanadi.

Energiya samaradorligi. Termodinamika va issiqlik almashinuvi mavzularida binolarning energiya samaradorligini modellashtirish mumkin.

Soddalashtirilgan issiqlik uzatish modeli:

$$Q = \lambda S \Delta T t / d$$

bu yerda **Q** – issiqlik miqdori, **λ** – materialning issiqlik o‘tkazuvchanligi, **S** – yuza, **ΔT** – haroratlar farqi, **t** – vaqt, **d** – devor qalinligi.

Talabalar turli qurilish materiallarini modelga kiritib, qaysi variant issiqlik yo‘qotilishini kamaytirishini aniqlaydilar.

Natijada fizik bilim energiya tejamkor qurilish va yashil iqtisodiyot masalalari bilan bog‘lanadi.

Yashil transport. Mexanika va elektr bo‘limlarini elektromobillar misolida o‘rganish mumkin. Talabalar avtomobil massasi, tezligi, dvigatel quvvati, harakat masofasi va energiya sarfi o‘rtasidagi bog‘lanishni modellashtiradilar.

Keyinchalik elektromobil va an’anaviy transport vositalari energiya samaradorligi nuqtayi nazaridan taqqoslanadi. Bunda talaba texnologiyani faqat fizik jihatdan emas, balki ekologik va iqtisodiy nuqtayi nazardan ham baholashga o‘rganadi.

Interfaol platformalarning imkoniyatlari.

Interfaol simulyatsiyalar fizika ta’limida talabaning faol ishtirokini ta’minlash uchun muhim vosita hisoblanadi. Masalan, PhET Interactive Simulations loyihasida fizik jarayonlarni o‘rganishga mo‘ljallangan interaktiv simulyatsiyalar va o‘qituvchilar uchun metodik materiallar mavjud.

Interfaol model bilan ishlash jarayonida talaba:

1. muammoni aniqlaydi; 2. gipoteza ilgari suradi; 3. modelni ishga tushiradi; 4. parametrlarni o‘zgartiradi; 5. natijalarni kuzatadi; 6. grafik yoki jadval tuzadi; 7. natijalarni taqqoslaydi; 8. xulosa chiqaradi.

Bunday faoliyat talabaning tadqiqotchilik ko‘nikmasini rivojlantiradi.

Didaktik tamoyillar

Fizika ta’limini yashil iqtisodiyot bilan integratsiyalashda quyidagi didaktik tamoyillarga amal qilish maqsadga muvofiq.

Ilmiylik tamoyili. Vizual modellar va simulyatsiyalar ishonchli fizik qonuniyatlarga asoslanishi kerak.

Ko‘rgazmalilik tamoyili. Murakkab fizik jarayonlar grafik, animatsiya va interaktiv modellar yordamida ifodalanadi.

Faollik tamoyili. Talaba model bilan mustaqil ishlaydi va parametrlarni o‘zgartiradi.

Muammolilik tamoyili. Dars real ekologik yoki texnologik muammodan boshlanadi.

Fanlararo integratsiya tamoyili. Fizika ekologiya, matematika, informatika, iqtisodiyot va muhandislik bilan bog‘lanadi.

Amaliy yo‘naltirilganlik tamoyili. Nazariy bilim real yashil texnologiyalar bilan bog‘lanadi.

Barqaror rivojlanish tamoyili. Texnologik yechimning fizik, iqtisodiy va ekologik samaradorligi birgalikda baholanadi.

Taklif etilayotgan metodik model

Tadqiqot asosida fizika kurslarini yashil iqtisodiyot bilan integratsiyalash uchun quyidagi metodik model taklif qilinadi:

Real muammo
↓
Fizik qonuniyat
↓
Vizual model
↓
Matematik model
↓
Interfaol simulyatsiya
↓
Parametrlarni o‘zgartirish
↓
Natijalarni tahlil qilish
↓
Yashil texnologik yechim
↓
Ekologik va iqtisodiy baholash
↓
Xulosa va tavsiya

Mazkur modelning asosiy afzalligi – talabaning nazariy bilimni real muammoga tatbiq etishidir.

Talabalarda kompetensiyalarni shakllantirish.

Vizualizatsiya va modellashtirishga asoslangan yondashuv quyidagi kompetensiyalarni rivojlantiradi:

Kompetensiya	**Rivojlantirish usuli**
Fizik kompetensiya	Fizik qonunlarni amalda qo‘llash
Raqamli kompetensiya	Interfaol platformalarda ishlash
Tadqiqotchilik	Gipoteza va virtual tajriba
Ekologik kompetensiya	Ekologik ta’sirni baholash

Kompetensiya	Rivojlantirish usuli
Iqtisodiy kompetensiya	Energiya samaradorligini hisoblash
Tanqidiy fikrlash	Turli variantlarni taqqoslash
Muhandislik tafakkuri	Optimal texnik yechim ishlab chiqish

Shunday qilib, fizika darsi nafaqat fizik bilimlarni, balki kelajak mutaxassis uchun zarur bo‘lgan kompleks kompetensiyalarni shakllantirish vositasiga aylanadi.

Tajriba-sinov ishlarini tashkil etish

Mazkur metodikaning samaradorligini aniqlash uchun oliy ta’lim talabalaridan nazorat va tajriba guruhlarini shakllantirish mumkin.

Nazorat guruhida mavzular an’anaviy tushuntirish va masala yechish metodlari orqali o‘rganiladi. Tajriba guruhida esa mavzu vizualizatsiya, interfaol modellashtirish va yashil iqtisodiyot mazmunidagi topshiriqlar asosida tashkil etiladi.

Baholash mezonlari sifatida quyidagilarni olish mumkin:

- fizik tushunchalarni o‘zlashtirish;
- fizik formulalarni amalda qo‘llash;
- grafiklarni tahlil qilish;
- interfaol modeldan foydalanish;
- ekologik muammoni aniqlash;
- energiya samaradorligini baholash;
- mustaqil xulosa chiqarish.

Muhokama. Vizualizatsiya va modellashtirish asosidagi ta’lim talabaning o‘quv jarayonidagi faolligini oshirishga xizmat qiladi. Ayniqsa, parametrlarni mustaqil o‘zgartirish imkoniyati fizik qonuniyatni mexanik yodlash o‘rniga uni tajriba orqali anglash imkonini beradi.

Yashil iqtisodiyot bilan integratsiya esa fizika fanining amaliy ahamiyatini yanada kuchaytiradi. Masalan, “issiqlik almashinuvi” mavzusi oddiy fizik hodisa sifatida emas, balki energiya tejamkor binolarni loyihalash bilan bog‘lanadi. “Optika” mavzusi esa quyosh energetikasi bilan integratsiyalanadi.

Bunday yondashuvda talaba texnologiyaning faqat texnik samaradorligini emas, balki uning resurs sarfi, ekologik ta’siri va iqtisodiy foydasini ham hisobga oladi.

Shu bilan birga, modellashtirish real jarayonning soddalashtirilgan ko‘rinishi ekanligi talabaga tushuntirilishi zarur. Modelning cheklovlarini anglash ilmiy tafakkurning muhim tarkibiy qismidir.

Ilmiy yangilik.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

1. Oliy ta’lim fizika kurslarini vizualizatsiya va modellashtirish asosida o‘qitish yashil iqtisodiyot mazmuni bilan integratsiyalashgan holda qaraldi.

2. Fizik qonuniyatlarni yashil texnologiyalar bilan bog‘lovchi didaktik ketma-ketlik ishlab chiqildi.

3. “Fizik qonuniyat – vizual model – interfaol modellashtirish – yashil texnologiya – resurs samaradorligi – ekologik-iqtisodiy baholash” modeli taklif etildi.

4. Talabalarning fizik, raqamli, ekologik va iqtisodiy kompetensiyalarini kompleks shakllantirish imkoniyatlari asoslandi.

Amaliy ahamiyati: Tadqiqot natijalaridan oliy ta’limda umumiy fizika, amaliy fizika, muhandislik fizikasi, energetika va ekologiya bilan bog‘liq fanlarni o‘qitishda foydalanish mumkin.

O‘qituvchilar quyidagi integratsiyalashgan mavzulardan foydalanishlari mumkin:

- **Mexanika + yashil transport**;
- **Termodinamika + energiya samaradorligi**;
- **Optika + quyosh energetikasi**;
- **Elektr + energiya tejamkorligi**;
- **Elektromagnetizm + elektromobillar**;
- **Issiqlik fizikasi + energiya samarador binolar**.

Bunday mavzular talabaning nazariy bilimlarini real texnologik jarayonlar bilan bog‘laydi.

Xulosa: Oliy ta’limda fizika kurslarini vizualizatsiya va modellashtirish asosida o‘qitish zamonaviy ta’lim texnologiyalaridan samarali foydalanish imkonini beradi. Vizualizatsiya murakkab fizik jarayonlarni tushunarli shaklda ifodalasa, modellashtirish talabaning ushbu jarayonlarni boshqarishi, parametrlarni o‘zgartirishi va natijalarni tahlil qilishiga imkon yaratadi.

Mazkur yondashuvni yashil iqtisodiyot bilan integratsiyalash fizika ta’limining amaliy yo‘nalishini kuchaytiradi. Energiya samaradorligi, qayta tiklanuvchi energiya, yashil transport va resurslardan oqilona foydalanish kabi masalalar fizik qonuniyatlar bilan bevosita bog‘lanadi.

Tadqiqotda taklif etilgan **“fizik qonuniyat – vizual model – interfaol modellashtirish – yashil texnologiya – resurs samaradorligi – ekologik-iqtisodiy baholash”** modeli talabalarning fanlararo fikrlashini rivojlantirishga xizmat qiladi.

Ushbu yondashuv natijasida talaba fizik formulalarni shunchaki yodlash bilan cheklanmaydi, balki ularni real muammolarni hal qilishda qo‘llaydi, texnologik variantlarni taqqoslaydi, energiya samaradorligini baholaydi va ekologik-iqtisodiy xulosa chiqaradi.

Demak, fizika ta’limini vizualizatsiya va modellashtirish asosida yashil iqtisodiyot bilan integratsiyalashuvi oliy ta’limda **ilmiy, raqamli, ekologik, iqtisodiy va muhandislik kompetensiyalarini shakllantirishning samarali pedagogik yo‘nalishi** sifatida qaralishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Podolefsky N. S., Perkins K. K., Adams W. K. Factors promoting engaged exploration with computer simulations. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*, 2010.
2. United Nations Environment Programme. *Green Economy*.
3. International Energy Agency. *Ensuring a Skilled Renewable Energy and Energy Efficiency Workforce*. Paris: IEA.
4. National Research Council. *A Framework for K–12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. National Academies Press.
McDermott L. C., Shaffer P. S. *Tutorials in Introductory Physics*. Pearson
5. Djo‘rayev M. Fizika o‘qitish metodikasi. – Toshkent: Abu matbuot-konsalt, 2015. – 280 b.
6. Uzoqova G.S., Tursunov Q.Sh., Qurbonov M. Fizika o‘qitishning nazariy asoslari. – Toshkent: O‘zbekiston, 2008. – 200 b.
7. Sadriddinov N., Rahimov A., Mamadaliyev A., Jamolova Z. Fizika o‘qitish uslubi asoslari. – Toshkent: O‘zbekiston, 2006. – 192 b.
8. Begmatova D.A., Qurbonov M., Sodiqova Sh., Abdullayev N.Q., Suvonova O.D. Fizika o‘qitish metodikasi. – Toshkent: Innovatsiya-Ziyo, 2021. – 300 b.
9. Abdurahmonov Q.P., Egamov O‘. Fizika kursi. – Toshkent: O‘quv ta’lim metodikasi, 2015.
10. Abdurahmonov Q.P., Xamidov V.S., Axmedova N.A. Fizika. – Toshkent, 2018. Ushbu darslik TATU tomonidan fizika fanining zamonaviy o‘quv-metodik ta’minoti tarkibida ko‘rsatilgan.
11. Ismoilov M., Xabibullayev P., Xaliulin M. Fizika kursi. – Toshkent: O‘zbekiston, 2000.

O‘ZBEKISTON TIJORAT BANKLARIDA ONLAYN KREDITLASH VA MASOFAVIY TO‘LOV XIZMATLARINI RIVOJLANTIRISH MASALALARI

Xolmatova Asila Menglimurod qizi. Termiz iqtisodiyot va servis universiteti, Termiz, O‘zbekiston**.** ORCID: 0009-0005-8156-9737

Annotatsiya. Tijorat banklarining masofaviy to‘lov va kredit xizmatlari ko‘rsatish amaliyotining hozirgi holati O‘zbekiston Respublikasi Markaziy banki va AT “Turonbank” ma’lumotlari asosida tahlil qilingan. Masofaviy xizmatlar ko‘lamining jadal kengayishi bilan bir vaqtda kiberxatarlarning ortishi, onlayn kreditlarning bank kredit portfelidagi ulushi pastligi kabi muammolar aniqlangan. Tahlil natijalariga tayangan holda Internet-banking risklarini boshqarish, elektron

akkreditivlardan foydalanish, yuridik shaxslarning kredit to‘loviga layoqatliligini raqamli baholash va masofaviy overdraft kreditlashni joriy etish bo‘yicha taklif va tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Kalit so‘zlar: masofaviy bank xizmatlari, Internet-banking, mobil banking, onlayn kredit, autentifikatsiya, kiberxavfsizlik, elektron akkreditiv, overdraft, kredit riski.

Kirish:Raqamli iqtisodiyotning jadal rivojlanishi sharoitida masofaviy bank xizmatlari tijorat banklari faoliyati samaradorligini ta’minlashning eng istiqbolli yo‘nalishlaridan biriga aylandi. Mijozga masofadan xizmat ko‘rsatish bank ofisidagi xizmatga nisbatan o‘rtacha 10 baravar arzonga tushadi va xizmat ko‘rsatish vaqtini 3 baravar qisqartiradi. Xorij amaliyoti ham buni tasdiqlaydi: Germaniyaning Deutsche Bank bankida kredit xizmatlari hajmida masofaviy kreditlar ulushi 2021-yildagi 53,7 foizdan 2025-yilda 73,2 foizga yetgan [10].

O‘zbekistonda bank tizimini isloh qilish strategiyasida bank xizmatlarining ommabopligini oshirish va masofaviy xizmatlar ko‘lamini kengaytirish ustuvor vazifa sifatida belgilangan [2], moliyaviy texnologiyalar sohasini rivojlantirish bo‘yicha alohida qaror qabul qilingan [3]. Ayni paytda masofaviy kanallarning kengayishi kiberxatarlar va ijtimoiy muhandislikka asoslangan firibgarlik hollarining ko‘payishiga olib kelmoqda. Shu bois raqamli transformatsiyaning samaradorlik salohiyati bilan u yuzaga keltirayotgan yangi xatarlar o‘rtasidagi muvozanatni ta’minlash masofaviy bank xizmatlari ko‘rsatish amaliyotini takomillashtirishning dolzarb masalasi hisoblanadi.

Mavzuga oid adabiyotlar tahlili

Masofaviy bank xizmatlarining nazariy va amaliy jihatlari ko‘plab olimlar tomonidan o‘rganilgan. Ya.Abramova xulosasiga ko‘ra, masofaviy bankingning barcha turlari o‘xshash risklarga ega, biroq Internet-banking va mobil banking boshqa tizimlarga nisbatan risklar doirasini kengaytiradi [6]. N.Samochetova va N.Martinenko masofaviy xizmatlardan olinadigan sof foydani aniqlash murakkabligini, chunki ular asosan xarajatlarning qisqarishi va mijozlar bazasining kengayishi orqali samara berishini qayd etib, baholashda sifat mezonlarini ham qamrab oluvchi kompleks yondashuvni taklif qiladi [7]. O.Yusupova masofaviy xizmatlarning rivojlanishini aholining moliyaviy savodxonligi va makroiqtisodiy barqarorlik bilan bog‘laydi [8]. A.Berger va D.Humphrey bank samaradorligiga oid 130 ta tadqiqotni umumlashtirib, turli usullarga tayangan ishlarning xulosalari bir-biridan sezilarli farq qilishini ko‘rsatgan [9]. Mamlakatimizda tijorat banklarida masofaviy xizmatlarni rivojlantirishdagi muammolar Z.Mamadiyarov tadqiqotlarida yoritilgan [5].

Mazkur ishlarning ahamiyatini e’tirof etgan holda ta’kidlash lozimki, masofaviy to‘lov va kredit xizmatlarini ularning daromadliligi hamda riskliligi o‘rtasidagi mutanosiblik nuqtai nazaridan, aniq bir bank amaliyoti misolida kompleks takomillashtirish masalalari yetarlicha o‘rganilmagan.

Tahlil va natijalar

Markaziy bank ma’lumotlari masofaviy bank xizmatlari bozorining nihoyatda jadal o‘sayotganini ko‘rsatadi (1-jadval).

1-jadval

O‘zbekiston Respublikasida masofaviy bank xizmatlari rivojlanishining asosiy ko‘rsatkichlari

Ko‘rsatkichlar	2021-y.	2025-y.	O‘zgarishi
Masofaviy bank xizmatlaridan foydalanuvchilar soni, mln	20,2	82,9	4,1 baravar
Mobil ilovalar orqali amalga oshirilgan to‘lovlar, trln so‘m	114	646	5,7 baravar
Elektron pullar orqali bajarilgan tranzaksiyalar, mln dona	6,5	24,6	3,8 baravar
Jismoniy shaxslarga berilgan kreditlarda onlayn mikroqarzlar ulushi, %	16,7	33,3	+16,6 f.b.
Jismoniy shaxslarga berilgan kreditlarda onlayn iste’mol kreditlari ulushi, %	6,3	11,7	+5,4 f.b.

Manba: O‘zbekiston Respublikasi Markaziy banki ma’lumotlari [11] asosida muallif tomonidan tuzilgan.

1-jadval ma’lumotlaridan ko‘rinadiki, 2021-2025-yillarda masofaviy xizmatlardan foydalanuvchilar soni 4,1 baravar, mobil ilovalar orqali to‘lovlar summasi esa 5,7 baravar oshgan. Foydalanuvchilar tarkibida jismoniy shaxslar yetakchi o‘rinni egallaydi (2025-yilda 97,9 foiz). Faqat raqamli shaklda ishlovchi banklarning tez rivojlanishi raqobatni kuchaytirib, an’anaviy banklarni masofaviy xizmatlarini jadal yangilashga undamoqda.

Biroq bu salohiyatdan barcha banklarda birdek foydalanilmayapti. AT “Turonbank”da onlayn kreditlarning kredit portfelidagi ulushi 2021-2025-yillarda 3,4-5,3 foiz oralig‘ida bo‘lib, 2025-yilda 4,1 foizgacha qisqargan, onlayn kreditlarning daromadliligi esa 2023-yildagi 14,1 foizdan 2025-yilda 12,6 foizga pasaygan. Holbuki, bankning jami foizli daromadlarida kreditlardan olingan daromadlar ulushi 92,1 foizni tashkil etadi. Demak, foiz stavkalari pasayib borayotgan sharoitda daromadlilikni saqlash uchun onlayn kreditlar hajmini oshirish va ularning riskini pasaytirish talab etiladi.

Masofaviy xizmatlar rivojiga to‘sqinlik qilayotgan eng jiddiy muammo kiberxavfsizlik bilan bog‘liq. Axborot texnologiyalari orqali sodir etilgan jinoyatlar soni 2019-yildagi 863 tadan 2025-yilda 62 440 taga yetgan, ularning 98 foizi bank kartalari bilan bog‘liq; kiberjinoyatlardan ko‘rilgan zarar 2024-yildagi 603 mlrd so‘mdan 2025-yilda qariyb 1 890 mlrd so‘mga ko‘paygan [12]. Bunday jinoyatlarning 60 foizi zararli havola va dasturlar orqali sodir etilayotgani muammoning katta qismi mijozlar raqamli savodxonligining pastligi bilan

bog‘liqligini ko‘rsatadi. Shu munosabat bilan Markaziy bank tomonidan masofadan moliyaviy xizmatlar ko‘rsatishda kiberxavfsizlikni ta’minlash va frod holatlarining oldini olish bo‘yicha minimal talablar belgilangan [4].

Bundan tashqari, import akkreditivlari tarkibida qoplangan akkreditivlar ulushining yuqoriligi, yuridik shaxslarning kreditga layoqatliligi asosan qo‘lda tayyorlangan hisobotlar asosida baholanayotgani hamda debet kartalar asosida masofaviy overdraft kreditlashning yo‘lga qo‘yilmagani masofaviy xizmatlar amaliyotini takomillashtirish zarurligini tasdiqlaydi.

Xulosa va takliflar

O‘tkazilgan tahlil asosida tijorat banklarining masofaviy xizmatlar ko‘rsatish amaliyotini takomillashtirish yuzasidan quyidagi taklif va tavsiyalar ishlab chiqildi:

1. Internet-banking risklarini boshqarishni to‘rt qatlamli model - ko‘p faktorli (biometrik) autentifikatsiya, qurilma va sessiya nazorati, uzatiladigan ma’lumotlar yaxlitligini ta’minlash hamda real vaqt rejimida ishlovchi antifrod tizimi asosida tashkil etish lozim. Ushbu yondashuvning AT “Turonbank”da qo‘llanilishi natijasida Internet-banking orqali amalga oshirilgan to‘lovlar hajmi 2025-yilda 2024-yilga nisbatan 11,4 foizga oshgan.

2. Mijozlarning import to‘lovlari bo‘yicha hujjatlashtirilgan akkreditivlar hajmini oshirish uchun hujjatlarni elektron taqdim etish va tekshirishni joriy qilish, elektron raqamli imzodan xavfsiz foydalanishni ta’minlash, qoplangan akkreditivlar ulushini kamaytirib, stend-bay, transferabelli va bek-tu-bek akkreditivlarni elektron shaklda yo‘lga qo‘yish maqsadga muvofiq. Buning natijasida bankda elektron taqdim etishga asoslangan import akkreditivlari hajmi 21,7 foizga ko‘paygan.

3. Yuridik shaxslarning kredit to‘loviga layoqatliligini baholash aniqligini oshirish uchun ularning moliyaviy ma’lumotlarini raqamli texnologiyalar yordamida real vaqt rejimida tahlil qilish va “6C” qoidasini qo‘llash zarur. Bu kreditlar bo‘yicha ehtimoliy yo‘qotishlar zaxirasining brutto aktivlarga nisbatini 0,2 foiz bandga pasaytirish imkonini bergan.

4. Jismoniy shaxslarni onlayn kreditlash hajmini oshirish maqsadida debet plastik kartalari asosida masofaviy overdraft kreditlarini joriy etish, bunda bank resurs bazasining barqarorligini ta’minlash hamda onlayn kreditlar va ulardan olinadigan foizli daromadlarning o‘sish sur’atlari o‘rtasidagi mutanosiblikka erishish tavsiya etiladi. Natijada bankda jismoniy shaxslarni onlayn kreditlash hajmi 4,7 foizga oshgan.

5. Masofaviy bank xizmatlari samaradorligini baholashda operatsion-qiymat usulidan, “Funksionallik” va “Foydalanish qulayligi” mezonlaridan kompleks foydalanish, Internet-banking risklari darajasini ifodalovchi ko‘rsatkichlarni alohida guruh sifatida shakllantirish lozim.

Nazariy jihatdan ushbu takliflar masofaviy bank xizmatlarini takomillashtirishni faqat texnologik yangilanish sifatida emas, balki xizmatlarning daromadliligi va riskliligi o‘rtasidagi mutanosiblikni ta’minlash

jarayoni sifatida talqin qilishga asos bo‘ladi. Kelgusida ochiq bank xizmatlari (Open Banking) modelini, katta ma’lumotlar tahlili va sun’iy intellekt texnologiyalarini joriy etish hamda mijozlarning raqamli moliyaviy savodxonligini oshirish bank tizimining raqamli transformatsiyasini jadallashtirishga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasining qonuni. To‘lovlar va to‘lov tizimlari to‘g‘risida // Qonun hujjatlari ma’lumotlari milliy bazasi, 02.11.2019-y., 03/19/578/3986-son.

2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 12-maydagi PF-5992-son «2020-2025-yillarga mo‘ljallangan O‘zbekiston Respublikasining bank tizimini isloh qilish strategiyasi to‘g‘risida»gi Farmoni // www.lex.uz.

3. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2025-yil 27-noyabrdagi PQ-359-son «O‘zbekistonda moliyaviy texnologiyalar sohasini yanada rivojlantirish chora-tadbirlari to‘g‘risida»gi Qarori // Qonunchilik ma’lumotlari milliy bazasi, 28.11.2025-y., 07/25/359/1106-son.

4. O‘zbekiston Respublikasi Markaziy banki Boshqaruvining 2025-yil 23-dekabrdagi 35/14-son qarori bilan tasdiqlangan «Kredit va to‘lov tashkilotlari, to‘lov tizimi operatorlari tomonidan jismoniy shaxslarga masofadan moliyaviy xizmatlar ko‘rsatishda axborot xavfsizligi va kiberxavfsizlikni ta’minlash hamda frod holatlarining oldini olish bo‘yicha minimal talablar to‘g‘risida»gi Nizom (ro‘yxat raqami 3759, 21.01.2026) // Qonunchilik ma’lumotlari milliy bazasi, 10/26/3759/0064-son.

5. Mamadiyarov Z.T. Tijorat banklarida masofaviy bank xizmatlarini rivojlantirishdagi muammolar // Iqtisod va moliya. - Toshkent, 2019. - №3. - B. 18-27.

6. Абрамова Я.А. Особенности и развитие традиционных банковских услуг // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. - 2015. - № 5-1. - С. 8-11.

7. Самочетова Н.В., Мартыненко Н.Н. Дистанционное банковское обслуживание в России и риски на пути его развития // Экономические науки. - Москва, 2016. - № 5. - С. 49-54.

8. Юсупова О.А. Развитие и место дистанционного банковского обслуживания в банковской конкурентной среде // Финансовая аналитика: проблемы и решения. - 2016. - № 33 (315). - С. 37-51.

9. Berger A., Humphrey D. Efficiency of Financial Institutions: International Survey and Directions for Future Research // European Journal of Operational Research. - 1997. - Vol. 98, No. 2. - P. 175-212.

10. Deutsche Bank. Annual Reports 2021-2025 // www.db.com.

11. O‘zbekiston Respublikasi Markaziy banki statistik ma’lumotlari va 2025-yil yakunlari bo‘yicha yillik hisoboti // www.cbu.uz.

12. O‘zbekiston Respublikasi Ichki ishlar vazirligi Kiberjinoyatlar markazi ma’lumotlari.

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASIDA ATROF-MUHITNI HIMOYA QILISHDA ‘SPACE INTELLIGENCE’ KOMPANIYASI BILAN HAMKORLIK

Anesov Mukhtar. Qoraqalpoq davlat universiteti iqtisodiyot fakulteti, to‘rtinshi kurs talabasi . Telefon raqam: 99 150-32-01. Email: mukhtar1anesov@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu tezis “Yashil iqtisodiyot va atrof-muhitni asrashda matematik modellashtirish va raqamlashtirishning zamonaviy yondashuvlari” mavzusida respublika ilmiy-amaliy anjumanining ‘Sun’iy intellekt va ma’lumotlar tahlili yordamida atrof-muhitni himoya qilish’ masalasiga bag‘ishlangan.

Ushbu tezis O‘zbekiston Respublikasida atrof-muhitni himoya qilish ‘Space intelligence’ kompaniyasi bilan hamkorlik qilishning ahamiyati va qanday natijalarga erishishning imkoni bor ekanligini korsatishga bag‘ishlangan. ‘Space Intelligence’ kompaniyasi tabiyatni himoya qilishda ma’lumotlarni tahlil qilishning zamonaviy usillaridan foydalanadi. Tadqiqot davomida Ozbekiston bundan qanday foyda korishi mumkinligi tahlil qilindi.

Kalit so‘zlar: ‘Space Intelligence’, ma’lumotlar tahlili, suniy yo‘ldosh

O‘rmonlarning ayovsiz va noqonuniy kesilishi bugingi kunda Ozbekiston Respublikasida asosiy muammolarning biri hisoblanadi. Ozbekiston Respublikasi prezidentining daraxtlarni kesishga moratoriy joriy qilinishiga qaramay bu jarayon hanuz toqtagani yoq. Bu o‘z navbatida biologik xilma-xillikka ham salbiy tasir qiladi. Yana bitta jiddiy muammo bu mamlakat tashqarisidan kirib keladigan ikki asosiy daryo – Sirdaryo va Amudaryolarni suv bilan ta’minlovchi muzliklar qisqarishi ushbu daryolardagi suv hajmining kamayishiga olib kelmoqda. Zero, so‘nggi 50 yil ichida iqlim va antropogen o‘zgarishlar tufayli Sirdaryo va Amudaryodagi suv hajmi 20 foizga kamaydi.

Tezisning maqsadi ‘Space Intelligence’ bilan hamkorlik O‘zbekistondagi tabiyatni asrashda qanday qollanilishi mumkin ekanligini isbotlash.

‘Space Intelligence’ Shotlandiyada 2017 yilda tashkil topgan xususiy kompaniya. Bu kompaniya suniy yer yo‘ldoshlaridan olingan ma’lumotlarni to‘playdi, suniy intellekt va mashinani o‘rganish usillaridan foydalanib ularni tahlil qiladi va shu asosida ormonlarning, tuproqning hozirgi holati va kelajakda qanday ko‘rinishda bo‘lishini bashorat qiladi. Kompaniyaning uglerodni xaritalashga oid dasturlari o‘rmon biomassasi kabi ko‘rsatkichlarni baholaydi. Bu tashkilotlarga va davlatlarga uglerod qayerda to‘planganini va yerdan foydalanishdagi o‘zgarishlar unga qanday ta’sir ko‘rsatishi mumkinligini tushunishga yordam beradi. HabitatMapper dasturlari esa yashash muhitlari va ekotizimlar xaritasini tuzadi. Bu tabiatni muhofaza qilish uchun muhim hududlarni aniqlash hamda landshaftlarning qanday o‘zgarayotganini baholashga

yordam beradi. Sun'iy yo‘ldosh kuzatuvlaridan qayta-qayta foydalanib, tiklangan o‘rmonlar yoki boshqa ekotizimlar vaqt o‘tishi bilan haqiqatan ham rivojlanayotganini aniqlash mumkin.

Bu kompaniyaning Keniya va Tanzaniya bo‘yicha xaritalari ushbu mamlakatlarda rejalashtirilmagan o‘rmonlarning yo‘q qilinishini to‘xtatishga qaratilgan loyihalar uchun asosiy ko‘rsatkichlarni belgilashda qo‘llaniladi. Shu bilan birga ICE Benchmark Administratsiyasiga tovar va o‘rmonlarni kesishni xaritalash ma'lumotlarining rasmiy yetkazib beruvchisi. "Restore Fund" loyihalarining ta’sirini aniq kuzatish va o‘lchash maqsadida Apple innovatsion masofadan zondlash texnologiyalarini, jumladan, "Space Intelligence" kompaniyasining "Carbon and Habitat Mapper" vositasini joriy etdi. Ushbu batafsil xaritalar loyihalarning investitsiya kiritilishidan avval "Restore Fund"ning yuqori talablariga javob berishini ta’minlashga, shuningdek, vaqt o‘tishi bilan ularning atmosferadan karbonni chiqarib tashlash bo‘yicha ta’sirini miqdoriy jihatdan baholash va tasdiqlashga yordam beradi.

Biz o‘zimiz ham boshqa ma’lumotlar manbalaridan foydalanib o‘rmonlarning kesilishini oldini olishga va tuproq degradatsiyasini aniqlashga harakat qilishimiz mumkin. Ammo mazkur ma’lumotlar mahalliy sharoitga moslashtirilmagan (kalibrlanmagan) bo‘lib, ularda xatolik ehtimoli yuqori.

Ko‘plab global xaritalar bitta global modeldan foydalanadi. ‘Space Intelligence’ esa har bir mamlakat va hudud uchun lokal kalibratsiyani amalga oshiradi. Space Intelligence faqat bitta sun’iy yo‘ldoshdan kelgan tasvirga tayanmaydi. U turli suniy yo‘ldosh sensorlaridan kelgan ma’lumotlarni birlashtirib, bitta hudud haqida kengroq va ishonchliroq xulosa chiqaradi. Masalan, O‘zbekistondagi bir o‘rmonni kuzatish kerak. Agar faqat bittta suniy yo‘ldoshdan foydalansak bulutli ob-havoda tasvirning bir qismi ko‘rinmaydi. Yana bitta ustin tarafi ‘Space Intelligence’ standart mahsulotida:

- zich o‘rmon
- siyrak o‘rmon
- sun’iy o‘rmonzor (plantatsiya)
- mangra o‘rmoni
- butazor, o‘tloq/yaylov
- qishloq xo‘jaligi yerlari
- suv havzalari
- ochiq yer va shahar hududi kabi kategoriyalarni ajratadi.

Kompaniyaning ishlash uslubini quyidagicha tasvirlash mumkin:

Suniy yo‘ldosh ma’lumotlari - ko‘plab manbalarni birlashtirish - mahalliy ekologik kalibrlash - AI va ML- mustaqil baholash - Audit darajasidagi geofazoviy ma’lumotlar to‘plami.

Xulosa qilib aytganda, ‘Space Intelligence’ kompaniyasi bilan hamkorlik O‘zbekistonga o‘rmonlarni ximoya qilish va qayta tiklash, suv resurslarini tog‘ri boshqarish, qishloq xojaligi sektorida qirg‘oqchilik ta’sir qilgan maydonlarni va o‘simliklar salomatligini aniqlashda juda katta natija keltiradi. Bu esa, o‘z

navbatida, xalqaro iqlim moliyalashtiruvi yoki uglerod bozori investitsiyalarini jalb etishga intilayotgan loyihalarning ishonchliligini oshirishi mumkin. Shularning hammasini hisobga olgan holda, O‘zbekistondagi atrof-muhit muammolarini hal qilishda bu kompaniya bilan hamkorlik o‘rnatish lozim.

Foydalanilgan resurslar royxati

1.www.space-intelligence.com/

2.www.microsoft.com/en/customers/story/25964-space-intelligence-microsoft-foundry

3.kun.uz/news/2025/04/04/ozbekistonda-suv-resurslari-taqchilligi-muammolar-va-yechimlar

CHEKLANGAN RESURSLARNI OPTIMALLASHTIRISHNING IQTISODIY-MATEMATIK MODELLARI

O‘razaliyev Shirinboy Bo‘ron o‘g‘li. Samarqand iqtisodiyot va servis instituti Oliy matematika”kafedrasi, assistenti. shirinboyorazaliyev7@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada cheklangan resurslarni optimallashtirish muammosi iqtisodiy-matematik modellar orqali ko‘rib chiqilgan. Chiziqli dasturlash, transport masalalari va dinamik dasturlash kabi optimallashtirish usullari tahlil qilinib, ularning real iqtisodiy jarayonlarga tatbiq etilish imkoniyatlari o‘rganilgan. Maqolada Simpleks metodi va Bellman optimallik prinsipi asosida resurslarni taqsimlash modellari keltirilgan hamda O‘zbekiston iqtisodiyoti uchun amaliy tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Kirish: Zamonaviy bozor iqtisodiyotida resurslarning cheklanganligi har qanday korxona, soha yoki davlat uchun hal qiluvchi muammolardan biri bo‘lib qolmoqda. Kapital, mehnat resurslari, xom ashyo va vaqt kabi omillarning chegaralanganligini hisobga olgan holda eng yuqori samaradorlikka erishish zarurati iqtisodiy-matematik modellarni ishlab chiqish va qo‘llash ehtiyojini keltirib chiqaradi.

Optimallashtirish nazariyasi – bu cheklangan sharoitlarda maqsad funksiyasining eng katta yoki eng kichik qiymatini topishga qaratilgan matematika sohasi bo‘lib, iqtisodiy fanlarda keng qo‘llaniladi. Chiziqli dasturlash, butun sonli dasturlash, dinamik dasturlash va stokastik optimallashtirish usullari resurslarni taqsimlash, ishlab chiqarish rejalashtirish va investitsiya portfelini shakllantirish kabi masalalarni yechishda muhim vosita sifatida xizmat qiladi.

O‘zbekiston iqtisodiyotining jadal rivojlanish sharoitida davlat byudjeti mablag‘larini, investitsiya oqimlarini va ishlab chiqarish resurslarini optimal taqsimlash masalasi dolzarb ahamiyat kasb etmoqda. Ushbu maqolada iqtisodiy-matematik optimallashtirish modellarining nazariy asoslari va ularning amaliy tatbiqi ko‘rib chiqiladi.

Optimallashtirish modellarining nazariy asoslari.

Iqtisodiy-matematik optimallashtirish modeli uchta asosiy elementdan iborat: maqsad funksiyasi, cheklovlar tizimi va qaror o‘zgaruvchilari. Umumiy ko‘rinishda optimallashtirish masalasi quyidagicha ifodalanadi:

$$\begin{aligned} &\textit{max (yoki min)} \\ &Z = c^T x \quad Ax \leq b \\ &\textit{sharti ostida, } x \geq 0 \end{aligned}$$

Bu yerda: Z – maqsad funksiyasi (foyda yoki xarajat); $x = (x_1, x_2, ..., x_n)$ – qaror o‘zgaruvchilari vektori; c – maqsad funksiyasi koeffitsientlari vektori; A – cheklovlar

matritsasi; b – resurslarga oid o‘ng tomon vektori.

Chiziqli dasturlash masalalarini yechishda eng keng tarqalgan usul – Simpleks metodi bo‘lib, u 1947-yilda Jorj Dantzig tomonidan ishlab chiqilgan. Simpleks metodi mumkin bo‘lgan echimlar to‘plamining burchak nuqtalarini ketma-ket ko‘rib chiqish orqali optimal yechimni topadi. Har bir iteratsiyada maqsad funksiyasining qiymati yomonlashmaydi, bu esa algoritm to‘g‘riligini kafolatlaydi.

Ikkilik (dualnost) nazariyasi – optimallashtirish nazariyasining muhim qismi bo‘lib, har bir chiziqli dasturlash masalasiga (primal masala) mos keluvchi ikkilik masalani ko‘rib chiqishga imkon beradi. Ikkilik o‘zgaruvchilar iqtisodiy ma’noda “soya narxlari” deb talqin etiladi va qo‘shimcha resurslarga bo‘lgan marginal qiymatni ifodalaydi.

Transport masalasi va resurslarni joylashtirish modeli

Transport masalasi cheklangan resurslarni optimallashtirish nazariyasining klassik ilovalaridan biri bo‘lib, mahsulotni yetkazib beruvchilardan iste’molchilarga minimal transport xarajatlari bilan tashish masalasini ifodalaydi. Masala quyidagicha formallashtiriladi:

$$\textit{min } Z = \Sigma_i \Sigma_j \, c_{ij} x_{ij}$$

Bu yerda c_{ij} – i-manbaadan j-iste’molchiga tashish narxi, x_{ij} – tashiladigan mahsulot miqdori. Cheklovlar quyidagilardan iborat:

$\Sigma_j \, x_{ij} = a_i$ (i = 1, 2, ..., m) – taklif sharti

$\Sigma_i \, x_{ij} = b_j$ (j = 1, 2, ..., n) – talab sharti

$x_{ij} \geq 0$ – manfiy bo‘lmaslik sharti

Transport masalasini yechishda Shimoli-g‘arbiy burchak usuli, Vogel taxminlash usuli va potensiallar usuli keng qo‘llaniladi. O‘zbekiston kontekstida bu model qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini viloyatlardan iste’mol markazlariga tashishni rejalashtirish, energiya resurslarini taqsimlash va qurilish materiallarini yetkazib berishni optimallashtirish uchun samarali qo‘llanilishi mumkin.

Dinamik dasturlash va bellman optimallik prinsipi

Dinamik dasturlash ko‘p bosqichli qaror qabul qilish jarayonlarini optimallashtirish usuli bo‘lib, Richard Bellman tomonidan 1950-yillarda ishlab chiqilgan. Bellman optimallik prinsipi quyidagicha ta'riflanadi: optimal strategiyaning istalgan qismi ham ushbu qism uchun optimal bo‘lishi kerak. Dinamik dasturlashning asosiy rekurrent tenglamasi:

$$f_k(s_k) = max\{r_k(s_k, x_k) + f_{k+1}(s_{k+1})\}$$

Bu yerda $f_k(s_k)$ – k-bosqichdagi holat s_k uchun optimal qiymat; r_k – k-bosqich mukofoti; x_k – k-bosqichda qabul qilinadigan qaror.

Iqtisodiy amaliyotda dinamik dasturlash quyidagi masalalarni yechishda qo‘llaniladi:

Ko‘p yillik investitsiya portfelini shakllantirish va qayta balanslashtirish
Mahsulot zaxiralarini boshqarish (inventory management) modellari
Asosiy vositalarni ta'mirlash va almashtirish vaqtini optimallashtirish
Davlat byudjeti xarajatlarini ko‘p yillik rejalashtirish

Dinamik dasturlashning asosiy rekurrent tenglamasi:

$$f_k(s_k) = max\{r_k(s_k, x_k) + f_{k+1}(s_{k+1})\}$$

Bu yerda $f_k(s_k)$ – k-bosqichdagi holat s_k uchun optimal qiymat; r_k – k-bosqich mukofoti; x_k – k-bosqichda qabul qilinadigan qaror.

Iqtisodiy amaliyotda dinamik dasturlash quyidagi masalalarni yechishda qo‘llaniladi:

Ko‘p yillik investitsiya portfelini shakllantirish va qayta balanslashtirish
Mahsulot zaxiralarini boshqarish (inventory management) modellari
Asosiy vositalarni ta'mirlash va almashtirish vaqtini optimallashtirish
Davlat byudjeti xarajatlarini ko‘p yillik rejalashtirish

Dinamik dasturlashning asosiy rekurrent tenglamasi:

$$f_k(s_k) = max\{r_k(s_k, x_k) + f_{k+1}(s_{k+1})\}$$

Bu yerda $f_k(s_k)$ – k-bosqichdagi holat s_k uchun optimal qiymat; r_k – k-bosqich mukofoti; x_k – k-bosqichda qabul qilinadigan qaror.

Iqtisodiy amaliyotda dinamik dasturlash quyidagi masalalarni yechishda qo‘llaniladi:

Ko‘p yillik investitsiya portfelini shakllantirish va qayta balanslashtirish
Mahsulot zaxiralarini boshqarish (inventory management) modellari
Asosiy vositalarni ta'mirlash va almashtirish vaqtini optimallashtirish
Davlat byudjeti xarajatlarini ko‘p yillik rejalashtirish

Misol: ishlab chiqarish resurslarini optimallashtirish

O‘zbekistondagi gilamchilik korxonasi misolida chiziqli dasturlash masalasini ko‘rib chiqamiz. Korxona ikki turdagi mahsulot – standart gilam (A)

va premium gilam (B) ishlab chiqaradi. Mavjud resurslar va iqtisodiy parametrlar quyidagicha:

Ko‘rsatkich	A turi (standart)	B turi (premium)	Mavjud miqdor
Ip xom ashyo (kg/dona)	3	5	300 kg
Dastgoh soati (soat/dona)	2	4	200 soat
Ishchi kuchi (soat/dona)	1	2	120 soat
Foyda (ming so‘m/dona)	180	300	–

Maqsad funksiyasi: $\max Z = 180x_1 + 300x_2$

Cheklovlar:

$$3x_1 + 5x_2 \leq 300$$

(xom ashyo) $2x_1 + 4x_2 \leq 200$ (dastgohsoati)

$$x_1 + 2x_2 \leq 120$$

(ishchi kuchi) $x_1, x_2 \geq 0$

Simpleks metodi yordamida topilgan optimal yechim: x_1 = 60 dona (standart gilam), x_2 = 24 dona (premium gilam). Maksimal foyda: $Z^* = 180 \times 60 + 300 \times 24 = 10\,800 + 7\,200$ = 18 000 ming so‘m. Ikkilik tahlil ko‘rsatishicha, ishchi kuchi resursi eng qimmat soya narxiga ega (89,6 ming so‘m/soat), ya'ni bu resursni kengaytirish korxonaga eng ko‘p foyda keltiradi.

Modellarning cheklovlari va takomillashtirish yo‘llari

Iqtisodiy-matematik optimallashtirish modellari bir qator cheklovlarga ega. Chiziqlilik taxmini ko‘plab real iqtisodiy jarayonlarning chiziqsiz tabiatini to‘liq aks ettira olmaydi. Deterministik modellar noaniqlik (uncertainty) va riskni hisobga olmaydi. Bundan tashqari, katta o‘lchamli masalalar hisoblash jihatidan murakkab bo‘lishi mumkin.

Ushbu kamchiliklarni bartaraf etish uchun quyidagi zamonaviy yondashuvlar qo‘llaniladi: butun sonli dasturlash (Integer Programming) diskret qarorlar uchun; stokastik dasturlash noaniqlik sharoitida; robast optimallashtirish eng yomon holatga barqaror yechim topish uchun; metaevristik algoritmlar (genetik algoritmlar, chumolilar koloniyasi) murakkab kombinatorial masalalar uchun

Xulosa

Cheklangan resurslarni optimallashtirishning iqtisodiy-matematik modellari zamonaviy iqtisodiy boshqaruvning muhim vositasidir. Chiziqli dasturlash, transport masalasi va dinamik dasturlash usullari turli ko‘lamli iqtisodiy muammolarni samarali yechishga imkon beradi. O‘zbekiston Respublikasi sharoitida ushbu modellarni qo‘llash sanoat korxonalari, agrar sektor va davlat byudjeti boshqaruvida sezilarli iqtisodiy samaraga erishishga xizmat qiladi.

Kelajakda sun'iy intellekt va katta ma'lumotlar (Big Data) texnologiyalarini optimallashtirish modellariga integratsiya qilish yanada murakkab va aniq iqtisodiy prognozlar hamda qarorlar qabul qilish imkonini beradi. Iqtisodchi mutaxassislar va matematik modellashtirish sohasidagi tadqiqotchilar o‘rtasidagi hamkorlikni kuchaytirish ushbu yo‘nalishni rivojlantirishning asosiy sharti hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1.Hillier, F.S., Lieberman, G.J. (2021). Introduction to Operations Research. 11th ed. McGraw-Hill.

2.O‘zbekiston Respublikasi Davlat statistika qo‘mitasi. (2023). Statistik to‘plam. Toshkent.

3.Mirziyoyev, Sh.M. (2023). O‘zbekiston Respublikasining 2030 yilgacha bo‘lgan iqtisodiy rivojlanish strategiyasi. Toshkent: O‘zbekiston.

4.Luenberger, D.G., Ye, Y. (2016). Linear and Nonlinear Programming. 4th ed. Springer.

AHOLI BANDLIGI VA DAROMADLARINI OSHIRISHDA KICHIK BIZNES VA XUSUSIY TADBIRKORLIK SUBYEKTLARI KO‘RSATKICHLARINI EKONOMETRIK TAHLIL QILISH.

Inoyatov Qayum Yusufovich. Samarqand iqtisodiyotvaservisinstituti Oliymatematika kafedrasi o‘qituvchisi inoyatovqayum@gmail.com

Annotatsiya: Mazkur maqolada kichik biznes va xususiy tadbirkorlik subyektlarining aholi bandligi hamda daromadlarini oshirishdagi roli ilmiy asosda tahlil qilingan. Tadqiqot jarayonida kichik biznes faoliyati, bandlik darajasi, investitsiyalar hajmi va xizmatlar sektorining rivojlanishi kabi omillarning aholi daromadlariga ta’siri o‘rganildi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, kichik biznes subyektlarining rivojlanishi iqtisodiy faollikni oshirib, yangi ish o‘rinlarini yaratish orqali aholi daromadlarining ortishiga xizmat qiladi. Shuningdek,

investitsiyalar va xizmatlar sektori ham daromadlar oshishida muhim omil sifatida namoyon bo‘ldi. Tadqiqot natijalari kichik biznesni qo‘llab-quvvatlash iqtisodiy barqarorlikni ta’minlashning asosiy yo‘nalishlaridan biri ekanligini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: kichik biznes, tadbirkorlik, bandlik, aholi daromadlari, investitsiya, xizmatlar sektori, iqtisodiy o‘sish, iqtisodiy siyosat

Kirish: Zamonaviy iqtisodiyotda kichik biznes va xususiy tadbirkorlik subyektlari aholi bandligini ta’minlash hamda daromadlarini oshirishda muhim omillardan biri sifatida namoyon bo‘lmoqda. Ayniqsa, rivojlanayotgan mamlakatlarda ushbu sector iqtisodiy o‘sishning asosiy drayveri hisoblanib, yangi ish o‘rinlarini yaratish, aholi farovonligini oshirish va ijtimoiy barqarorlikni ta’minlashda katta ahamiyat kasb etadi [1], [2], [3].O‘zbekiston iqtisodiyotida ham kichik biznesning roli yildan-yilga ortib bormoqda. Davlat tomonidan ushbu sohaga berilayotgan imtiyozlar, qo‘llab-quvvatlash mexanizmlari va institutsional islohotlar kichik biznes faoliyatini kengaytirishga xizmat qilmoqda. Natijada, kichik biznes subyektlari aholi bandligining asosiy manbalaridan biriga aylanib bormoqda [4], [5].

Shu bilan birga, aholi daromadlarini oshirish jarayoni ko‘p omilli iqtisodiy jarayon bo‘lib, unga turli makro iqtisodiy va mikro iqtisodiy omillar ta’sir ko‘rsatadi. Ushbu omillar o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlikni aniqlash va ularni ilmiy asosda tahlil qilish muhim ahamiyatga ega [6].Mazkur maqolaning maqsadi kichik biznes va xususiy tadbirkorlik subyektlari ko‘rsatkichlarining aholi bandligi va daromadlariga ta’sirini ekonometrik yondashuv asosida tahlil qilish hamda asosiy omillarni aniqlashdan iborat [7].

Metodologiya

Mazkur tadqiqotda iqtisodiy-statistik va ekonometrik tahlil usullaridan foydalanildi. Tadqiqot uchun 2016–2024 yillar oralig‘idagi makroiqtisodiy ma’lumotlar asos qilib olindi. Tadqiqotda aholi daromadlari asosiy natijaviy ko‘rsatkich sifatida tanlandi va unga ta’sir etuvchi omillar sifatida kichik biznes subyektlari soni, bandlik darajasi, investitsiyalar hajmi, xizmatlarsektoriulushihamdainflyatsiyadarajasio‘rganildi.

Tahlil jarayonida ko‘p omilli yondashuv qo‘llanilib, omillar o‘rtasidagi bog‘liqliklar aniqlanib, ularning aholi daromadlariga ta’sir darajasi baholandi. Shuningdek, dinamik tahlil orqali vaqt o‘tishi bilan ko‘rsatkichlarning o‘zgarish tendensiyalari o‘rganildi. Ma’lumotlar O‘zbekiston Respublikasi Statistika agentligi hamda xalqaro tashkilotlar ma’lumotlari asosida shakllantirildi. Tadqiqot natijalarining ishonchliligi statistic mezonlar orqali baholandi, bu esa xulosalarning ilmiy asoslanganligini ta’minladi.

Natijalar

Mazkur tadqiqotda kichik biznes va xususiy tadbirkorlik subyektlarining aholi daromadlariga ta’siri ko‘p omilli ekonometrik model asosida baholandi. Natijaviy ko‘rsatkich sifatida aholi daromadlari (AD) tanlandi [8], [9].

Model quyidagi funksional ko‘rinishda ifodalandi:

$$AD = \beta_0 + \beta_1 KB + \beta_2 EMP + \beta_3 INV + \beta_4 SERV + \beta_5 INF + \varepsilon$$

Bu yerda:

- $KBKBKB - \ kichik\ biznes\ subyektlari\ soni$
- $EMPEMPEMP - \ bandlik\ darajasi$
- $INVINVINV - \ investitsiyalar\ hajmi$
- $SERVSERVSERV - \ xizmatlar\ sektori\ ulushi$
- $INFINFINF - \ inflyatsiya\ darajasi$
- Ekonometrik baholash natijasida quyidagi regressiya tenglamasi olindi:
- $AD = 0.28 + 0.57KB + 0.61EMP + 0.49INV + 0.44SERV - 0.31INF$
- Modelning determinatsiya koeffitsiyenti:

$$R^2 = 0.76$$

Bu natija model orqali aholi daromadlaridagi o‘zgarishlarning 76% tushuntirilishini bildiradi.

Natijalar tahlili

Birinchidan, bandlik darajasining koeffitsiyenti eng yuqori:

$$\beta_2 = 0.61$$

Bu shuni anglatadiki, bandlik 1 birlikka oshganda daromad o‘rtacha 0.61 birlikka oshadi. Bu natija quyidagicha ifodalanadi:

$$\Delta AD = 0.61 \cdot \Delta EMP$$

Ikkinchidan, kichik biznes subyektlari soni:

$$\beta_1 = 0.57$$

Bu kichik biznesning kengayishi daromadlarning oshishiga sezilarli ta’sir ko‘rsatishini bildiradi:

$$\Delta AD = 0.57 \cdot \Delta KB$$

Uchinchidan, investitsiyalarning ta’siri:

$$\beta_3 = 0.49$$

Bu kapital qo‘yilmalar orqali iqtisodiy faollik va daromadlar oshishini ko‘rsatadi.

To‘rtinchidan, xizmatlar sektorining ulushi:

$$\beta_4 = 0.44$$

Bu xizmatlar iqtisodiyotining aholi daromadlariga ijobiy ta’sirini tasdiqlaydi.

Beshinchidan, inflyatsiyaning salbiy ta’siri:

$$\beta_5 = -0.31$$

Bu quyidagicha izohlanadi:

$$\Delta AD = -0.31 \cdot \Delta INF$$

ya’ni inflyatsiya oshishi real daromadlarning kamayishiga olib keladi.

Modelning umumiy samaradorligi

Modelning umumiy ahamiyatliligi F-statistika orqali baholanadi:

$$F = 21.4 > F_{kritik}$$

Bu modelning umumiy holda statistic jihatdan ahamiyatli ekanligini bildiradi.

Muhokama

Olingan natijalar kichik biznes va xususiy tadbirkorlikning aholi daromadlariga ta’siri yuqori ekanligini ko‘rsatadi. Model natijalari iqtisodiy nazariyalar bilan mos keladi [10].

Birinchidan, bandlik darajasining yuqori ta’siri mehnat bozori va daromadlar o‘rtasidagi to‘g‘ridan-to‘g‘ri bog‘liqlikni tasdiqlaydi:

$$AD \propto EMP$$

Bu natija klassik mehnat nazariyasi bilan mos keladi.

Ikkinchidan, kichik biznes subyektlari sonining ta’siri iqtisodiy faollikning oshishini ifodalaydi:

$$AD = f(KB)$$

Bu Schumpeterning tadbirkorlik nazariyasiga mos keladi.

Uchinchidan, investitsiyalar orqali iqtisodiy o‘sish modeli quyidagicha ifodalanadi:

$$Y = f(K)$$

Bu yerda K=INVK = INVK=INV, ya’ni capital oshishi daromad oshishiga olib keladi.

To‘rtinchidan, xizmatlar sektori ulushi orqali daromadlar quyidagicha bog‘lanadi:

$$AD = f(SERV)$$

Bu xizmatlar iqtisodiyotining ustuvorligini ko‘rsatadi.

Beshinchidan, inflyatsiyaning salbiy ta’siri real daromad formulasi orqali izohlanadi:

$$Real\ Income = \frac{Nominal\ Income}{Price\ Level}$$

Narxlar oshishi real daromadni kamaytiradi.

Natijalar shuni ko‘rsatadiki:

$$AD = f(KB, EMP, INV, SERV, INF)$$

ya’ni aholi daromadlari ko‘p omilli iqtisodiy tizim natijasi hisoblanadi.

Eng kuchli ta’sir omillari:

$$EMP > KB > INV > SERV > INF$$

Bu esa kichik biznes va bandlik siyosatining ustuvorligini ko‘rsatadi.

Xulosa

Tadqiqot natijalari kichik biznes va xususiy tadbirkorlik subyektlari aholi bandligi va daromadlarini oshirishda muhim rol o‘ynashini ko‘rsatdi. Ayniqsa, kichik biznes subyektlari sonining ortishi va bandlik darajasining oshishi aholi daromadlariga sezilarli ijobiy ta’sir ko‘rsatishi aniqlandi. Shuningdek, investitsiyalar va xizmatlar sektorining rivojlanishi ham daromadlarning oshishiga xizmat qiluvchi muhim omillar sifatida namoyon bo‘ldi. Bu esa iqtisodiy faollikning kengayishi va yangi ish o‘rinlarining yaratilishi bilan izohlanadi. Inflyatsiyaning salbiy ta’siri esa makroiqtisodiy barqarorlikni ta’minlash zarurligini yana bir bor tasdiqlaydi. Barqaror narxlar muhiti aholi real daromadlarini saqlab qolishda muhim ahamiyatga ega. Umuman olganda, kichik biznes va xususiy tadbirkorlikni qo‘llab-quvvatlash, investitsiyalarni jalb qilish

hamda xizmatlar sektorini rivojlantirish aholi bandligi va daromadlarini oshirishning asosiy yo‘nalishlari hisoblanadi. Kelgusida ushbu sohada chuqurroq ekonometrik tahlillarni amalga oshirish va real vaqt ma’lumotlari asosida qarorlar qabul qilish iqtisodiy siyosat samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti, “Kichik biznes va xususiy tadbirkorlikni rivojlantirishni qo‘llab-quvvatlash chora-tadbirlari to‘g‘risida,” PF-60-son Farmon, 2022.

2.O‘zbekiston Respublikasi Statistika agentligi, “Aholi bandligi va daromadlari statistikasi,” 2024. [Online]. Available: https://stat.uz

3. World Bank, *Uzbekistan Country Economic Update*, Washington, DC, USA, 2023.

4. OECD, *SME and Entrepreneurship Outlook 2022*, Paris, France: OECD Publishing, 2022.

5. International Labour Organization (ILO), *World Employment and Social Outlook*, Geneva, Switzerland, 2023.

6. UNDP, *Human Development Report*, New York, USA, 2022.

7. A. Schumpeter, *The Theory of Economic Development*, Cambridge, MA: Harvard University Press, 1934.

8. D. Audretsch, *The Entrepreneurial Society*, Oxford, UK: Oxford University Press, 2007.

9. P. Drucker, *Innovation and Entrepreneurship*, New York, NY: Harper & Row, 1985.

10. F. Rodrik, *One Economics, Many Recipes*, Princeton, NJ: Princeton University Press, 2007.

ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISHDA OPTIMALLASHTIRISH USULLARI VA BOSHQARUV QARORLARI

O‘razaliyev Shirinboy Bo‘ron o‘g‘li. Samarqand iqtisodiyot va servis instituti Oliy matematika”kafedrasi, assistenti. shirinboyorazaliyev7@gmail.com

Annotatsiya. Korxona va tashkilotlarda energiya samaradorligini oshirish tadbirlarini tanlash masalasi 0–1 turidagi butun sonli chiziqli dasturlash modeli asosida ko‘rib chiqilgan. Maqsad funksiyasi sifatida tadbirlarning sof joriy qiymati (NPV) yig‘indisi, cheklovlar sifatida byudjet va talab etilgan energiya tejami olingan. Beshta tadbirdan iborat shartli misolda turli byudjet stsenariylari uchun optimal portfel aniqlangan va boshqaruv qarorlari uchun xulosalar keltirilgan.

Kalit so‘zlar: energiya samaradorligi, optimallashtirish, butun sonli dasturlash, sof joriy qiymat, boshqaruv qarori, investitsiya portfeli.

Kirish: Energiya resurslariga talab ortib borayotgan sharoitda ulardan oqilona foydalanish iqtisodiy ham, ekologik jihatdan ham ustuvor vazifaga aylangan. O‘zbekistonda bu sohadagi munosabatlar 2024-yil 7-avgustdagi O‘RQ-

940-sonli Qonun bilan tartibga solinadi; u energiyani tejashning asosiy tamoyillari, energiya samaradorligini oshirish standartlari va davlat siyosati yo‘nalishlarini belgilaydi. Avval amalda bo‘lgan “Energiyadan oqilona foydalanish to‘g‘risida”gi Qonun 2024-yil 9-noyabrdan kuchini yo‘qotgan. Qayta tiklanuvchi manbalardan foydalanish alohida qonun bilan tartibga solingan. 2024-yil 30-mayda Prezidentga taqdim etilgan takliflar orasida energiya auditi xulosalari va erishilgan natijalarni yillik biznes-rejalarga kiritish ham bor.

Amalda korxona rahbari cheklangan mablag‘ sharoitida ko‘plab tadbirlar (yoritishni almashtirish, elektr yuritmalarni boshqarish, issiqlik izolyatsiyasi, quyosh panellari va boshqalar) orasidan qaysilarini amalga oshirishni hal qilishi kerak. Qaror faqat eng arzon yoki eng ommabop tadbirga qarab qabul qilinsa, umumiy samara past bo‘lishi mumkin. Optimallashtirish usullari esa qarorni miqdoriy jihatdan asoslash imkonini beradi. Energetika tizimlarida chiziqli va nochiziqli dasturlash hamda energiya sarfini baholash masalalari o‘zbek tilidagi ilmiy manbalarda ham yoritilgan. Maqolaning maqsadi – energiya tejash tadbirlari portfelini tanlashning matematik modelini qurish va uning natijalarini boshqaruv qarorlari nuqtai nazaridan talqin qilishdir.

Masalaning qo‘yilishi va matematik model

Faraz qilaylik, korxonada n ta energiya tejash tadbiri taklif etilgan. j-tadbir uchun boshlang‘ich investitsiya I_j, yillik energiya tejami ΔE_j (MWh/yil), yillik ekspluatatsiya xarajati a_j, energiya narxi p, diskont stavkasi r va hisob davri T yil bo‘lsin. Tadbirning sof joriy qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$NPV_j = -I_j + \sum_{t=1}^{T} \frac{p \cdot \Delta E_j - a_j}{(1+r)^t} \quad (1)$$

Yillik sof tejam har yili bir xil bo‘lsa, yig‘indi annuitet koeffitsiyenti orqali hisoblanadi:

$$A = \sum_{t=1}^{T} \frac{1}{(1+r)^t} = \frac{1-(1+r)^{-T}}{r} \quad (2)$$

Bunda $NPV_j = -I_j + (p \cdot \Delta E_j - a_j) \cdot A$. Qaror o‘zgaruvchisi x_j tadbir tanlansa 1, aks holda 0 qiymat oladi. Optimallashtirish masalasi:

$$max\ Z = \sum_{j=1}^{n} NPV_j x_j \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^{n} I_j x_j \le B \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^{n} \Delta E_j x_j \ge E_{min} \quad (5)$$

$$x_j \in \{0;\ 1\}, j = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

Bu yerda B – mavjud byudjet, E_{min} – reja bo‘yicha talab etilgan minimal energiya tejami. Taqqoslash uchun har bir tadbirning rentabellik indeksi va qoplanish muddati ham hisoblanadi:

$$PI_j = \frac{NPV_j}{I_j}, PP_j = \frac{I_j}{p \cdot \Delta E_j - a_j} \quad (7)$$

O‘zgaruvchilar soni kam bo‘lganda to‘liq saralash, ko‘p bo‘lganda esa shoxlar va chegaralar usuli yoki chiziqli relaksatsiya qo‘llanadi. Asosiy boshqaruv ko‘rsatkichi – byudjetning «soya narxi», ya’ni qo‘shimcha bir birlik mablag‘ maqsad funksiyasini qancha oshirishini bildiruvchi kattalik:

$$\lambda \approx \frac{\Delta Z}{\Delta B} \quad (8)$$

Hisoblash misoli va natijalar

Modelni sinash uchun shartli (illyustrativ) ma’lumotlar olindi: $p = 1{,}0$ mln so‘m/MWh, $r = 15\,\%$, $T = 8$ yil, bunda $A = 4{,}4873$. Ma’lumotlar real obyekt uchun emas, usulni namoyish qilish uchun berilgan; amaliy qo‘llashda ular energiya auditi natijalari bilan almashtiriladi. Natijalar 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval. Tadbirlarning boshlang‘ich ma’lumotlari va iqtisodiy ko‘rsatkichlari

Tadbir	**I, mln so‘m**	**ΔE, MWh/yil**	**a, mln so‘m/yil**	**NPV, mln so‘m**	**PI**	**PP, yil**
1. LED yoritish	120	150	2	544,1	4,53	0,81
2. Chastota o‘zgartirgichli yuritma	300	420	6	1557,8	5,19	0,72
3. Bino issiqlik izolyatsiyasi	450	380	3	1241,7	2,76	1,19
4. Quyosh fotoelektrik panellari	800	160	4	−100,0	−0,12	5,13
5. Issiqlik rekuperatsiyasi	380	300	8	930,3	2,45	1,30

Jadvaldan ko‘rinadiki, to‘rtinchi tadbirning NPV qiymati manfiy: tarif $p = 1{,}0$ bo‘lganda quyosh panellari 8 yil ichida o‘zini qoplamaydi. Uning NPV qiymati nolga teng bo‘ladigan tarif $p \approx 1{,}14$ mln so‘m/MWh ni tashkil etadi, ya’ni tarif taxminan 14 % oshsa, bu tadbir ham foydali bo‘ladi. Masala (3)–(6) ko‘rinishida to‘liq saralash orqali yechildi ($2^5 = 32$ variant); 2-jadvalda turli byudjetlar uchun optimal portfel berilgan.

2-jadval. Byudjet stsenariylari bo‘yicha optimal portfellar

Byudjet B, mln so‘m	**Tanlangan tadbirlar**	**Sarf, mln so‘m**	**Tejam, MWh/yil**	**Z, mln so‘m**
600	1, 2	420	570	2101,9
1000	1, 2, 3	870	950	3343,6
1200	2, 3, 5	1130	1100	3729,8
1500	1, 2, 3, 5	1250	1250	4273,9

Natijalar shuni ko‘rsatadiki, optimal portfel byudjet oshgani sari oddiy qo‘shilish yo‘li bilan emas, balki qayta tarkiblanish orqali o‘zgaradi: $B = 1200$ bo‘lganda birinchi tadbir portfeldan chiqib, o‘rniga beshinchi tadbir kiradi. Energiya tejamiga qo‘yilgan $E_{min} = 800$ MWh/yil sharti $B = 600$ bo‘lganda bajarilmaydi (maksimal tejam 570 MWh/yil); bu shartni bajarishning minimal byudjeti 750 mln so‘m bo‘lib, u ikkinchi va uchinchi tadbirlarni tanlashni talab qiladi. Byudjetning soya narxi (8) bo‘yicha B 1000 dan 1200 gacha oshganda

$\lambda \approx 1{,}93$, 1200 dan 1500 gacha oshganda $\lambda \approx 1{,}81$ ni tashkil etadi: har bir qo‘shimcha 1 mln so‘m investitsiya taxminan 1,8–1,9 mln so‘m qo‘shimcha NPV beradi.

Natijalarning barqarorligini tekshirish uchun energiya tarifi p ni 0,8 dan 1,4 mln so‘m/MWh gacha o‘zgartirib, $B = 1000$ bo‘lgan holat qayta yechildi (3-jadval). Tarif oshgani sari quyosh panellarining NPV qiymati manfiydan musbatga o‘tadi ($p = 1{,}2$ da 43,6 mln so‘m), biroq optimal portfel o‘zgarmaydi: 800 mln so‘mlik investitsiya byudjetning katta qismini egallab, boshqa tadbirlarga yetarli mablag‘ qoldirmaydi. Demak, ayrim tadbirning o‘zi foydali bo‘lishi uni portfelga kiritish uchun yetarli shart emas – hal qiluvchi omil byudjet birligiga to‘g‘ri keladigan samara, ya’ni PI ko‘rsatkichidir.

3-jadval. Energiya tarifiga nisbatan sezgirlik tahlili (B = 1000 mln so‘m)

Tarif p, mln so‘m/MWh	**4-tadbir NPV, mln so‘m**	**Optimal portfel**	**Z, mln so‘m**
0,8	−243,6	1, 2, 3	2491,0
1,0	−100,0	1, 2, 3	3343,6
1,2	43,6	1, 2, 3	4196,2
1,4	187,2	1, 2, 3	5048,8

Taklif etilgan modelning cheklovlari ham bor. Birinchidan, tejam hajmi va narx yillar bo‘yicha o‘zgarmas deb olingan, amalda esa tarif va iste’mol yil sayin o‘zgaradi. Ikkinchidan, tadbirlar bir-biridan mustaqil deb qaraldi, holbuki bino izolyatsiyasi va issiqlik rekuperatsiyasi kabi tadbirlar tejamni qisman takrorlashi mumkin; bunday o‘zaro ta’sirni modelga qo‘shimcha cheklovlar yoki kvadratik hadlar orqali kiritish mumkin. Uchinchidan, ekologik samara (CO_2 kamayishi) maqsad funksiyasiga kiritilmagan; uni ikkinchi mezon sifatida qo‘shib, ko‘p mezonli optimallashtirishga o‘tish mumkin.

Boshqaruv qarorlari uchun xulosalar

Model asosida rahbariyat uchun quyidagi amaliy qoidalarni ajratish mumkin. Birinchidan, tadbirlarni faqat qoplanish muddati bo‘yicha emas, NPV, rentabellik indeksi va resurs cheklovlarini birga hisobga olib tanlash kerak: ikkinchi tadbir uchala ko‘rsatkich bo‘yicha yetakchi, to‘rtinchi tadbir esa qabul qilingan shartlarda hech bir byudjetda portfelga kirmaydi. Ikkinchidan, byudjet o‘zgarganda portfelni qayta hisoblash zarur, chunki yangi optimal tarkib avvalgisining davomi bo‘lmasligi mumkin. Uchinchidan, soya narxi musbat bo‘lgani uchun byudjetni oshirish imkoni bo‘lsa, qo‘shimcha mablag‘ jalb qilish iqtisodiy jihatdan foydali; uning qiymati esa 15 % diskontdan keyingi kutilayotgan sof qo‘shimcha samarani ko‘rsatadi. To‘rtinchidan, tarif, diskont stavkasi va tejam hajmi bo‘yicha sezgirlik tahlili o‘tkazilishi lozim: yuqorida ko‘rilganidek, tarifning 14 % ga o‘zgarishi quyosh panellari haqidagi qarorni o‘zgartiradi.

Bu qoidalar energiya auditi natijalari va yillik biznes-reja bilan bog‘langanda energiya samaradorligini boshqarishda qaror qabul qilish jarayonini shaffof va

takrorlanadigan qiladi.

Xulosa

Maqolada energiya samaradorligini oshirish tadbirlari portfelini tanlash uchun 0–1 turidagi butun sonli dasturlash modeli taklif etildi. Shartli misolda optimal portfel byudjetga qarab o‘zgarishi, byudjetning soya narxi esa 1,8–1,9 atrofida ekani ko‘rsatildi. Modelni real korxona ma’lumotlari bilan to‘ldirish, noaniqlikni (stoxastik yoki intervalli parametrlar) hisobga olish va ko‘p mezonli yondashuv bilan boyitish keyingi tadqiqotlar yo‘nalishidir.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasining 2024-yil 7-avgustdagi O‘RQ-940-sonli «Energiyani tejash, undan oqilona foydalanish va energiya samaradorligini oshirish to‘g‘risida»gi Qonuni. – URL: https://lex.uz/docs/-7052085

2. N.R. Beknazarova, X.N. Jumayev.” Matematik programmalashtirish va optimallashtirish usullari” .Toshkent. 2011-yil. 200 bet.

3. Samiyev K.A., Mirzayev M.S. Qayta tiklanuvchi energiya manbalari va barqaror atrof muhit fizikasi: O‘quv qo‘llanma. – Buxoro: BuxDU nashriyoti, 2023.

4. Tagayev M., Abdreymov A., Xojamuratova J. Qayta tiklanadigan energiya texnologiyalari loyihalarini optimallashtirish // Modern Science and Research, 2025, Vol. 4, №5. – URL: https://inlibrary.uz/index.php/science-research/article/view/89889

SAVDO XIZMATLARI SAMARADORLIGINI “YASHIL INNOVATSIYALAR PORTFELI” MEXANIZMI ASOSIDA OSHIRISH IMKONIYATLARI

Raxmonov Aziz Iskandarovich. SamISI mustaqil izlanuvchisi

Annotatsiya. Maqolada chakana va ulgurji savdo korxonalarining do‘kon, ombor, sovutish, yetkazib berish va elektron savdo jarayonlarida yashil innovatsiyalarni joriy etish masalalari tadqiq etildi. Energiya samaradorligi, qayta tiklanuvchi energiya, suv tejamkorligi, chiqindilarni kamaytirish va qayta ishlash, yashil xaridlar, ekologik transport hamda raqamli hujjat aylanishini birlashtiruvchi yetti komponentli “yashil innovatsiyalar portfeli” taklif qilindi.

Kalit so‘zlar: savdo xizmatlari, chakana savdo, ulgurji savdo, yashil innovatsiyalar, energiya samaradorligi, savdo logistikasi, yashil xaridlar, qayta ishlash, portfel boshqaruvi, sinergetik samara.

Savdo xizmatlari ishlab chiqaruvchi va yakuniy iste’molchi o‘rtasida tovarlar harakatini tashkil etib, iqtisodiyotdagi muomala xarajatlari, iste’molga xizmat ko‘rsatish sifati va ta’minot zanjiri tezligiga ta’sir ko‘rsatadi. Savdo korxonalarida yoritish, sovutish, isitish va shamollatish, ombor jihozlari, yuk tashish, qadoqlash va qaytarilgan tovarlarni boshqarish sezilarli resurs talab

qiladi. Shu bois yashil innovatsiyalar savdoda faqat ekologik majburiyat emas, balki tannarxni kamaytirish, tovar yo‘qotishlarini cheklash va xizmat sifati barqarorligini oshirish vositasidir.

O‘zbekistonda “yashil” iqtisodiyotga o‘tish, energiya resurslaridan oqilona foydalanish va iqtisodiyotni raqamlashtirish yo‘nalishlari savdo korxonalarida texnologik va tashkiliy yangilanishlarni jadallashtirish uchun institutsional asos yaratadi. Xususan, 2019-yil 4-oktabrdagi PQ–4477-son qaror bilan tasdiqlangan yashil iqtisodiyotga o‘tish strategiyasi resurs samaradorligi va energiya tejamkorligini ustuvor vazifa sifatida belgilagan.

OECD va Eurostatning Oslo Manual qo‘llanmasi innovatsiyani korxona amaliyotiga joriy etilgan yangi yoki sezilarli yaxshilangan mahsulot yoxud biznes jarayoni sifatida talqin qiladi. Ushbu yondashuv savdoda sovutish texnologiyasini yangilash, qayta foydalaniladigan qadoq, raqamli hisob-faktura va marshrut optimallashtirishni innovatsion faoliyat doirasida baholash imkonini beradi. UNEP Global Resources Outlook 2024 hisobotida resurslardan foydalanishning iqtisodiy va ekologik oqibatlari ko‘rsatilgan. ISO 14001 ekologik boshqaruvni, ISO 50001 esa energiya boshqaruvini tizimlashtirish uchun uslubiy tayanch hisoblanadi.

M.Porter va C.Vander Linde ekologik talablar hamda resurs samaradorligini oshiruvchi innovatsiyalar o‘rtasidagi bog‘liqlikni asoslagan. R.Kemp va P.Pearson ekologik innovatsiyalarni o‘lchash bo‘yicha MEI loyihasi doirasida metodologik yondashuvlarni ishlab chiqqan. Ushbu ishlardan kelib chiqib, savdo tarmog‘idagi ekologik natijalarni xizmat ko‘rsatish unumdorligi va iqtisodiy natija bilan birgalikda ko‘rib chiqish maqsadga muvofiq.

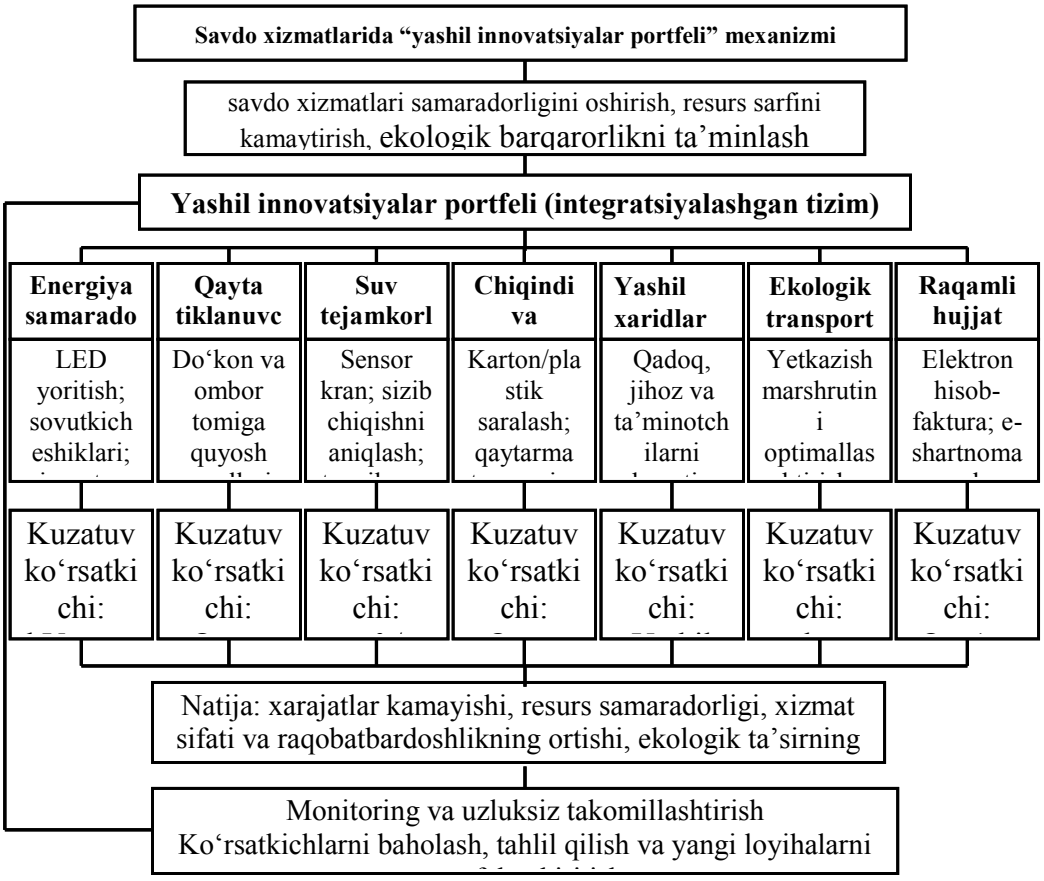
Mahalliy iqtisodiy ilmiy maktabda A.O‘lmasov va A.Vahobovning iqtisodiy resurslar, xarajat va samaradorlik haqidagi nazariy yondashuvlari yashil investitsiyalarning iqtisodiy mohiyatini tushuntirishga xizmat qiladi. Samarqand iqtisodiyot va servis instituti bilan bog‘liq ilmiy maktab vakillaridan Pardayevning iqtisodiy tahlil yo‘nalishidagi ishlari hamda B.X.Turayevning turizm va xizmat ko‘rsatish rivoji bo‘yicha tadqiqotlari savdo korxonalarida natijadorlikni tizimli tahlil qilish uchun nazariy-metodik kontekst beradi.

Tadqiqotda tizimli, qiyosiy va funksional tahlil, jarayonlarni xaritalash, xarajat–natija yondashuvi, ko‘p mezonli qaror qabul qilish va diskontlangan pul oqimlarini hisoblash usullaridan foydalanilgan.

Savdo xizmatlari ko‘rsatuvchi korxonalarda yashil innovatsiyalar portfelini shakllantirish resurslardan oqilona foydalanish, operatsion xarajatlarni kamaytirish, ekologik xavfsizlikni ta’minlash hamda xizmat ko‘rsatish samaradorligini oshirishga yo‘naltirilgan o‘zaro bog‘liq tashkiliy, texnologik, iqtisodiy va raqamli yechimlar majmuasini ifodalaydi. Mazkur portfelning asosiy xususiyati shundaki, unda yashil innovatsiyalar alohida tadbirlar sifatida emas, balki savdo korxonasining xarid qilish, saqlash, sotish, yetkazib berish va boshqaruv jarayonlarini qamrab oluvchi yagona integratsiyalashgan tizim sifatida qaraladi.

Ushbu mexanizm doirasida energiya samaradorligini oshirish savdo obyektlarida LED yoritish tizimlari, energiya tejamkor sovutkichlar, invertor kompressorlar va aqlli hisoblagichlardan foydalanish orqali elektr energiyasi sarfini kamaytirishni nazarda tutadi. Natijada savdo korxonalarining energiya xarajatlari qisqaradi, mahsulotlarni saqlash va realizatsiya qilish jarayonlarining iqtisodiy samaradorligi ortadi. Energiya samaradorligini baholashda bir million so‘mlik savdo aylanmasiga to‘g‘ri keladigan elektr energiyasi sarfi asosiy ko‘rsatkich sifatida qo‘llaniladi.

Qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish savdo do‘konlari, savdo markazlari va omborxonalar tomlariga quyosh panellarini o‘rnatish, muqobil issiqlik ta’minoti texnologiyalarini joriy etish orqali an’anaviy energiya resurslariga bog‘liqlikni kamaytirishga xizmat qiladi. Bunda korxonaning umumiy energiya iste’molida qayta tiklanuvchi manbalar ulushining ortishi ekologik barqarorlik bilan bir qatorda uzoq muddatli energiya xarajatlarini optimallashtirish imkonini yaratadi.



1-rasm. Savdo xizmatlarida “yashil innovatsiyalar portfeli” mexanizmi

Suv tejamkorligi instrumentlari sensorli kranlar, suv sizib chiqishini avtomatik aniqlash tizimlari va texnik suv sarfini nazorat qilish vositalarini joriy etishga asoslanadi. Ushbu yechimlar savdo obyektlarida suv resurslaridan foydalanish samaradorligini oshirib, kommunal xarajatlarni kamaytiradi. Mazkur

yo‘nalish samaradorligi ming nafar tashrif buyuruvchiga yoki bir xodimga to‘g‘ri keladigan suv sarfi orqali baholanadi.

Chiqindilarni kamaytirish va qayta ishlash savdo faoliyatida hosil bo‘ladigan karton, plastik, qadoqlash materiallari va oziq-ovqat chiqindilarini saralash, qayta ishlashga yo‘naltirish hamda qaytarma taralardan foydalanishni qamrab oladi. Bu instrument moddiy resurslar yo‘qotilishini kamaytirish, chiqindilarni utilizatsiya qilish xarajatlarini qisqartirish va aylanma iqtisodiyot tamoyillarini savdo xizmatlariga joriy etish imkonini beradi. Uning natijadorligi qayta ishlashga yuborilgan chiqindilarning umumiy chiqindilar hajmidagi ulushi bilan aniqlanadi.

Yashil xaridlar tizimini rivojlantirish savdo korxonalarida mahsulotlar, qadoqlash materiallari, texnologik jihozlar va ta’minotchilarni tanlashda nafaqat xarid narxini, balki ularning foydalanish muddati, energiya sarfi, ekologik ta’siri va utilizatsiya xarajatlarini ham hisobga olishni nazarda tutadi. Natijada xaridlarning umumiy hayotiy sikl xarajatlari optimallashtiriladi, ekologik talablarga javob beradigan mahsulotlar ulushi oshadi va barqaror ta’minot zanjiri shakllanadi.

Ekologik transport instrumentlari savdo mahsulotlarini yetkazib berish marshrutlarini optimallashtirish, transport vositalarining yuklanish darajasini oshirish va kam emissiyali avtotransportdan foydalanishga asoslanadi. Mazkur yondashuv yoqilg‘i sarfini, logistika xarajatlarini va atmosferaga chiqariladigan zararli gazlar miqdorini kamaytirishga xizmat qiladi. Uning samaradorligi bir yetkazib berishga to‘g‘ri keladigan karbonat angidrid ekvivalenti (CO_2 e) yoki 100 kilometr masofaga sarflangan yoqilg‘i miqdori orqali baholanadi.

Xulosa va takliflar

Tadqiqot natijasida savdo xizmatlari samaradorligini oshirish uchun yetti instrumentdan iborat “yashil innovatsiyalar portfeli”ning konseptual mexanizmi ishlab chiqildi. Uning amaliy ahamiyati resurs tejamkorligi, savdo-logistika jarayonlari, ekologik natija va moliyaviy qaytimni bir qaror qabul qilish tizimiga birlashtirish, loyihalararo sinergiyani alohida tekshirish va portfelni davriy qayta muvozanatlashdan iborat.

Amaliy jihatdan:

- savdo tarmoqlarida energiya va chiqindi sarfining xizmat hajmiga nisbatan bazaviy ko‘rsatkichlarini joriy etish;
- har bir yashil loyiha uchun investitsiya pasporti va NPV hisoblash;
- xaridlar, ombor, logistika va IT bo‘limlari ishtirokida yagona portfel komissiyasi tashkil etish;
- qadoqni qaytarish va raqamli hujjat aylanishini ta’minot zanjiri bilan integratsiya qilish;
- natijalarni choraklik KPI asosida baholash taklif etildi

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 4-oktabrdagi PQ–4477-son qarori. 2019–2030-yillarda O‘zbekiston Respublikasining “yashil” iqtisodiyotga o‘tish strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risida. Lex.uz.

2. OECD/Eurostat. Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation. 4th ed. Paris: OECD Publishing, 2018. DOI: 10.1787/9789264304604-en.

3. UNEP. Global Resources Outlook 2024: Bend the Trend. Nairobi: United Nations Environment Programme, 2024.

4. ISO. ISO 14001:2015. Environmental management systems - Requirements with guidance for use. Geneva, 2015.

5. ISO. ISO 50001:2018. Energy management systems - Requirements with guidance for use. Geneva, 2018.

6. Porter M.E., van der Linde C. Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship. Journal of Economic Perspectives. 1995. Vol. 9(4). P. 97–118. DOI: 10.1257/jep.9.4.97.

7. Kemp R., Pearson P. Final Report MEI Project about Measuring Eco-Innovation. Maastricht, 2007.

8. O‘lmasov A., Vahobov A. Iqtisodiyot nazariyasi. Toshkent: Iqtisod-Moliya, 2014.

HAVO IFLOSLANISHINI KAMAYTIRISH CHORALARINI KO‘P MEZONLI OPTIMALLASHTIRISH

Salimov Esanjon Xusen o‘g‘li. SamISI Oliy matematika kafedrasi dotsenti v.b., PhD

Annotatsiya: Maqolada havo ifloslanishini kamaytirish bo‘yicha investitsion va boshqaruv choralarini ekologik natija, xarajat va ijtimoiy ta’sir mezonlari asosida tanlash masalasi ko‘rib chiqiladi. Usullar: Tadqiqot ko‘p mezonli optimallashtirish va matematik dasturlash yondashuvlariga asoslandi. Natijalar: Natijada emissiyani kamaytirish choralarini xarajat, budjet, samaradorlik va hududiy ta’sir bo‘yicha taqqoslaydigan ko‘p mezonli optimallashtirish modeli shakllantirildi. Xulosa: taklif etilgan yondashuvni mahalliy ekologik ma’lumotlar bilan sinovdan o‘tkazish tavsiya etiladi.

Kalit so‘zlar: havo sifati, optimallashtirish, emissiya, xarajat, ko‘p mezonli qaror, ekologik siyosat.

Kirish: Havo ifloslanishini kamaytirish uchun sanoat texnologiyasini yangilash, transport oqimini boshqarish, yoqilg‘i sifatini yaxshilash va yashil hududlarni rivojlantirish kabi choralardan foydalanish mumkin. Mablag‘ va vaqt cheklangan sharoitda qaysi chora qayerda va qanday miqyosda amalga oshirilishi muhim qarorga aylanadi. Optimallashtirish usullari muqobil variantlarni aniq mezonlar bilan solishtiradi.

Tadqiqot metodologiyasi: Tadqiqot ko‘p mezonli optimallashtirish va matematik dasturlash yondashuvlariga asoslandi. Emissiyani kamaytirish choralari qaror o‘zgaruvchilari sifatida, xarajat, budjet, texnik sig‘im va ekologik maqsadlar esa maqsad funksiyasi hamda cheklovlar sifatida ifodalandi. Muqobil

yechimlarni Pareto yondashuvi bilan taqqoslash tamoyillari ishlab chiqildi. Real hudud bo‘yicha hisoblash uchun inventarizatsiya va xarajatlar bazasi kerak; maqolada sonli optimallashtirish natijasi taqdim etilmaydi va model konseptual ko‘rinishda bayon qilinadi.

Matematik qo‘yilish: Hududlar i, ifloslantiruvchi moddalar p, choralar j indekslari bilan belgilanadi. xij o‘zgaruvchisi i-hududda j-chorani qo‘llash miqdorini ifodalaydi. Maqsad funksiyasi choralar xarajati yig‘indisini minimallashtirishi mumkin: min Σij cijxij. Cheklovlar esa har bir ifloslantiruvchi modda bo‘yicha kamaytirish maqsadiga erishishni, budjet chegarasini va choraning texnik sig‘imini aks ettiradi. Agar aholi ta’sirini kamaytirish muhim bo‘lsa, emissiya kamayishiga aholi zichligi bo‘yicha vazn beriladi. Bunda vazn tanlovi siyosiy va etik qaror ekanligi ochiq ko‘rsatilishi zarur. Ko‘p maqsadli rejalashtirishda muqobil maqsadlar va ularning murosali yechimlari birgalikda baholanadi (Cohon, 1978).

Natijalar: Natijada emissiyani kamaytirish choralarini xarajat, budjet, samaradorlik va hududiy ta’sir bo‘yicha taqqoslaydigan ko‘p mezonli optimallashtirish modeli shakllantirildi.

Matematik qo‘yilish: Hududlar i, ifloslantiruvchi moddalar p, choralar j indekslari bilan belgilanadi. xij o‘zgaruvchisi i-hududda j-chorani qo‘llash miqdorini ifodalaydi. Maqsad funksiyasi choralar xarajati yig‘indisini minimallashtirishi mumkin: min Σij cijxij. Cheklovlar esa har bir ifloslantiruvchi modda bo‘yicha kamaytirish maqsadiga erishishni, budjet chegarasini va choraning texnik sig‘imini aks ettiradi. Agar aholi ta’sirini kamaytirish muhim bo‘lsa, emissiya kamayishiga aholi zichligi bo‘yicha vazn beriladi. Bunda vazn tanlovi siyosiy va etik qaror ekanligi ochiq ko‘rsatilishi zarur. Ko‘p maqsadli rejalashtirishda muqobil maqsadlar va ularning murosali yechimlari birgalikda baholanadi (Cohon, 1978).

Ma’lumotlar va usul: Model uchun emissiyaning boshlang‘ich darajasi, choralarning kutiladigan samarasi, bir birlikka to‘g‘ri keladigan xarajat va amalga oshirish muddati kerak bo‘ladi. Ma’lumotlar kuzatuv stansiyalari, korxona inventarizatsiyasi hamda transport oqimi hisoblaridan olinishi mumkin. Noaniqlikni hisobga olish uchun samaradorlik parametrlariga diapazon beriladi; alohida ssenariylar orqali past, o‘rta va yuqori samaradorlik tekshiriladi. Agar barcha ko‘rsatkichlarni pulda baholashning imkoni bo‘lmasa, Pareto tahlili xarajat va ekologik natija o‘rtasidagi murosali variantlarni ko‘rsatadi.

Natijalarni talqin qilish: Optimallashtirish modeli eng arzon yechimni hisoblab berishi mumkin, lekin u o‘z-o‘zidan eng adolatli yoki siyosiy jihatdan maqbul yechimni belgilamaydi. Masalan, o‘rtacha emissiya kamayishi ortida ayrim aholi punktlarida yuqori ifloslanish saqlanib qolishi mumkin. Shu sababli hududiy minimal talablar, sog‘liq uchun muhim sezgir nuqtalar va manfaatdor tomonlar fikri cheklovlar yoki qo‘shimcha mezonlar sifatida kiritiladi. Natijalar xarita va ssenariylar bilan qaror qabul qiluvchilarga taqdim etilishi lozim.

Qo‘llash shartlari va metodik cheklovlar: Optimallashtirishda emissiya

inventarizatsiyasi, choralarning samarasi, xarajat va hududiy ta’sir bo‘yicha ma’lumotlar yangiligi tekshirilishi shart. Turli tashkilotlar bir xil ko‘rsatkichni turlicha hisoblagan bo‘lsa, model ustuvorlikni noto‘g‘ri belgilashi mumkin. Hisoblashdan avval taxminlar, vaznlar va cheklovlar e’lon qilinadi. Qaror qabul qiluvchilar bir nechta vaznlar to‘plamini solishtirib, qaysi qadriyatlarga natija sezgirligini ko‘radi. Keyingi yilda real sarf va emissiya ma’lumotlari bilan model yangilanadi. Bu shaffoflik ilmiy hisob-kitobni amaliy boshqaruv bilan bog‘laydi.

Amaliy natijalarni baholash: Taklif etilayotgan chora-tadbirlar bo‘yicha natija indikatorlari oldindan belgilanadi: modda kesimida kamaytirilgan emissiya, aholining ifloslanishga ta’sirlangan soni, bir birlik kamayish uchun xarajat va amalga oshirish muddati. Model yechimi texnik cheklovlar bilan tekshiriladi; aks holda nazariy jihatdan arzon, amalda bajarib bo‘lmaydigan variant chiqishi mumkin. Muqobil yechimlar xaritada ko‘rsatilsa, ustuvor nuqtalar va tengsizlik masalasi ochiq ko‘rinadi. Yillik monitoring natijasi rejalashtirilgan samarani tekshiradi. Shu orqali optimallashtirish bir martalik hisob-kitob emas, takrorlanuvchi rejalashtirish sikliga ulanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy-amaliy ahamiyati: Choralar paketining ijtimoiy oqibatini hisobga olish uchun kam taminlangan va sezgir guruhlar joylashuvi, ish o‘rinlari hamda xizmatlardan foydalanish imkoniyati to‘g‘risidagi malumotlar qo‘shiladi. Bu malumotlar shaxsiy daxlsizlikni saqlagan holda agregat ko‘rinishda ishlatiladi. Agar choralar faqat umumiy emissiyani kamaytirib, ayrim aholi punktlarida yuqori tasirni saqlasa, qo‘shimcha hududiy cheklov qo‘yiladi. Model natijasini qaror qabul qiluvchilarga turli variantlar xaritasi, xarajatlar taqqoslanishi va noaniqliklar bilan berish tavsiya qilinadi. Keyingi monitoring rejalashtirilgan kamayish haqiqatda sodir bo‘lganini tekshiradi. Bu jarayon optimallashtirishni shaffof va ijtimoiy masuliyatli boshqaruv instrumentiga aylantiradi.

Joriy etish va natijalarni kuzatish: Taklif etilayotgan model uchun kuzatuv stansiyalari, emissiya inventarizatsiyasi va chora xarajatlari muntazam yangilanadi. Yillik hisobotda qaysi chora bajarilgani, kutilgan emissiya kamayishi va real natija solishtiriladi. Agar maqsad bajarilmagan bo‘lsa, texnik parametr yoki amalga oshirish jadvali qayta baholanadi. Ushbu qayta aloqa optimallashtirish natijasini faqat hisoblash hujjati bo‘lib qolishidan saqlab, rejalashtirishning keyingi davriga ulaydi.

Xulosa va ilmiy-amaliy takliflar: Shahar yoki sanoat hududida 3–5 ta emissiyani kamaytirish chorasini xarajat, kutiladigan tonna kamayish va ta’sirlangan aholi soni bo‘yicha baholovchi pilot optimallashtirish modeli joriy etish taklif etiladi. Model tenglamalari, ma’lumot manbalari va tanlangan vaznlar e’lon qilinishi kerak. Ko‘p mezonli optimallashtirish mablag‘ni samarali yo‘naltirishga yordam beradi, biroq yakuniy tanlov mahalliy ekologik me’yorlar va ijtimoiy adolatni hisobga olgan holda amalga oshirilishi lozim.

Foydalanilgan adabiyotlar.

1. IPCC. Climate Change 2023: Synthesis Report. Geneva, 2023.

2. UNEP. Air Quality Management Exchange (AQMx): tools, models and guidance. UNEP platform.

3. Cohon, J. L. Multiobjective Programming and Planning. Academic Press, 1978.

YASHIL IQTISODIYOT SHAROITIDA O‘ZBEKISTONDA YASHASH VA OVQATLANISH XIZMATLARI SOHASINI RIVOJLANTIRISHNING ZAMONAVIY YONDASHUVLARI

Ganiyev Firdavs Abduraufovich. SamISI mustaqil izlanuvchi

Annotatsiya: Maqolada yashil iqtisodiyot sharoitida O‘zbekistonda yashash va ovqatlanish xizmatlari sohasini rivojlantirishning zamonaviy yondashuvlari qiyosiy o‘rganilib tahlil etilgan.

Kalit so‘zlar: Raqobat, narx, sifat, reklama, servis, foyda, samaradorlik, yashil iqtisodiyot, yashash va ovqatlanish xizmatlari, turizm.

Yashil iqtisodiyot sharoitida yashash va ovqatlanish xizmatlari (mehmonxonalar, xostellar, mehmon uylari, restoran va kafelar) tabiiy resurslarni tejash, chiqindini kamaytirish va mahalliy iqtisodiyotni qo‘llab-quvvatlash orqali raqobatbardoshlikni oshiradigan soha sifatida qaraladi.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 4-oktabrdagi “2019 – 2030-yillar davrida O‘zbekiston Respublikasining “yashil” iqtisodiyotga o‘tish strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi PQ-4477-son qarorida: “texnologik modernizatsiyalash va moliyaviy mexanizmlarni rivojlantirish orqali iqtisodiyotning energiya samaradorligini oshirish va tabiiy resurslardan oqilona foydalanish” ustuvor vazifa sifatida qaralgan bo‘lsa, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi “2022–2026-yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida”gi PF-60-son farmonida esa, “atrof-muhitni muhofaza qilish va resurslardan oqilona foydalanish ustuvor vazifalar qatoriga kiritilgan. Turizm sohasi jadal o‘sayotgani sababli yashash va ovqatlanish xizmatlari energiya, suv va oziq-ovqat resurslariga bo‘lgan talabni oshirmoqda. Shu bois bu sohani "yashil" tamoyillar asosida qayta tashkil etish nafaqat ekologik, balki iqtisodiy zaruratga aylanmoqda.

"Yashil iqtisodiyot" tushunchasining nazariy asoslari dastlab ingliz olimlari D.Pirs, A.Markandiya va E.Barbierlar asarlarida tadqiq qilingan[20]. BMT Atrof-muhit dasturi (UNEP) ushbu tushunchani – “inson farovonligi va ijtimoiy tenglikni oshirib, atrof-muhit uchun xavf va ekologik tanqislikni sezilarli kamaytiradigan iqtisodiyot sifatida ta'riflaydi”[21].

Sohaning "yashil" rivoji bir necha ilmiy konsepsiyaga tayanadi. **Birinchisi** – Dj.Elkington ilgari surgan "uch tomonlama natija" (triple bottom line) g‘oyasi

[20] Pearce D., Markandya A., Barbier E. Blueprint for a Green Economy. London: Earthscan, 1989.

[21] Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication. Nairobi: UNEP, 2011

bo‘lib, unga ko‘ra korxona faoliyati iqtisodiy, ijtimoiy va ekologik ko‘rsatkichlar uyg‘unligida baholanadi[22]. **Ikkinchisi** – M.Porter va M.Kramerning "umumiy qiymat yaratish" yondashuvida esa, biznes ijtimoiy va ekologik muammolarni hal etish orqali o‘z foydasini ham oshiradi[23].

Mehmonxona sanoatiga nisbatan P.Jons, D.Hillier va D.Komfort global mehmonxona tarmoqlarida barqarorlik amaliyotlari energiya, suv va chiqindi boshqaruvidan ijtimoiy mas'uliyat va yetkazib beruvchilar zanjirigacha kengayganini ko‘rsatgan[24]. P.Bohdanovichning Yevropa mehmonxonachilari o‘rtasidagi tadqiqoti esa ekologik qarashlar va amaliy choralar o‘rtasida farq mavjudligini, tejamkorlik ko‘pincha xarajatni kamaytirish istagi bilan rag‘batlantirilishini aniqlagan[25]. X.Font va Dj.Lynes korporativ ijtimoiy mas'uliyat tadqiqotlari tahlili asosida bu sohada amaliyot nazariyadan orqada qolayotganini, natijalarni o‘lchash tizimi zarurligini ta'kidlaydi[26].

Tadqiqot davomida sohani "yashil iqtisodiyot" tamoyillari asosida rivojlantirishning quyidagi asosiy yo‘nalishlari o‘rganildi.

- **Energiya samaradorligi va qayta tiklanuvchi manbalar.** Binolarni isitish, sovitish va issiq suv bilan ta'minlash mehmonxonalarda energiya sarfining asosiy qismini tashkil etadi. Quyosh kollektorlari, fotoelektr panellari, issiqlik izolyatsiyasi, tejamkor yoritish va xonalarni boshqarishning "aqlli" tizimlari xarajatni kamaytiradi. O‘zbekistonda quyosh nurlanishi yuqori bo‘lgani bois bu yo‘nalish ayniqsa istiqbolli.
- **Suvni tejash.** Suv sarfi kir yuvish, oshxona va landshaft sug‘orish hisobiga ortadi; past oqimli jihozlar, kir yuvishni optimallashtirish va suvni qayta ishlatish amaliyoti Gesling va hammualliflar tomonidan asosiy choralar sifatida ko‘rsatilgan[27].
- **Oziq-ovqat isrofini kamaytirish.** Oziq-ovqat chiqindisi iyerarxiyasi birinchi navbatda isrofning oldini olishni, so‘ng ortiqcha mahsulotni qayta taqsimlashni ustuvor qo‘yadi[28]. Restoranlar uchun bu menyuni rejalashtirish, porsiyani moslashtirish va ombor hisobini yuritishni anglatadi.
- **Mahalliy ta'minot zanjiri.** Fermer va dehqon xo‘jaliklaridan mavsumiy mahsulot xarid qilish transport emissiyasini kamaytiradi, mintaqa daromadini oshiradi va Porter–Kramer ma'nosidagi umumiy qiymatni yaratadi.

---

[22] Elkington J. Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business. Oxford: Capstone, 1997

[23] Porter M.E., Kramer M.R. Creating Shared Value // Harvard Business Review. 2011. Vol. 89, No. 1–2. P. 62–77.

[24] Jones P., Hillier D., Comfort D. Sustainability in the global hotel industry // International Journal of Contemporary Hospitality Management. 2014. Vol. 26, No. 1. P. 5–17

[25] Bohdanowicz P. European hoteliers' environmental attitudes: Greening the business // Cornell Hotel and Restaurant Administration Quarterly. 2005. Vol. 46, No. 2. P. 188–204

[26] Font X., Lynes J. Corporate social responsibility in tourism and hospitality // Journal of Sustainable Tourism. 2018. Vol. 26, No. 7. P. 1027–1042.

[27] Gössling S., Hall C.M., Scott D. Tourism and Water. Bristol: Channel View Publications, 2015.

[28] Papargyropoulou E., Lozano R., Steinberger J.K., Wright N., Ujang Z. The food waste hierarchy as a framework for the management of food surplus and food waste // Journal of Cleaner Production. 2014. Vol. 76. P. 106–115.

• **Raqamlashtirish va yashil moliyalashtirish.** Onlayn bron, elektron hujjat aylanishi, resurs sarfini real vaqtda kuzatish hamda imtiyozli kreditlar va lizing mexanizmlari kichik biznes uchun "yashil" investitsiyalarni arzonlashtiradi.

O‘zbekistonda bu yondashuvlarning qonunchilik asosini "Turizm to‘g‘risida"gi qonun va yuqorida tilga olingan strategik hujjatlar tashkil etadi. Muhim jihati shundaki, yuqoridagi choralar bir-birini to‘ldiradi: masalan, mahalliy ta'minot va isrofni kamaytirish birgalikda ham xarajatni, ham emissiyani qisqartiradi.

Mamlakat sharoitiga xos omillar – suv tanqisligi, yozgi jazirama issiqlik va sovitish tizimlariga yuqori talab, quyosh energiyasi salohiyati, boy dehqonchilik mahsulotlari hamda Samarqand, Buxoro, Xiva kabi tarixiy shaharlarga turistlar oqimining mavsumiy to‘planishi – yuqoridagi umumiy yondashuvlarni moslashtirishni taqozo etadi. Bizningcha, quyidagi ustuvor yo‘nalishlarni amalga oshirish maqsadga muvofiq:

1. Mehmonxona va mehmon uylarida suv va energiya sarfini o‘lchash hamda bir mehmon-kecha uchun ko‘rsatkichlarni belgilash; bunda xalqaro tadqiqotlardagi o‘lchash yondashuvlaridan foydalanish mumkin.
2. Quyosh issiqlik va fotoelektr qurilmalarini joriy etishni imtiyozli moliyalashtirish bilan rag‘batlantirish.
3. Restoranlarda oziq-ovqat chiqindisi iyerarxiyasiga asoslangan dasturlar yuritish va mahalliy fermerlar bilan to‘g‘ridan-to‘g‘ri shartnomalar tuzish.
4. Kichik mehmon uylari va oilaviy mehmonxonalar uchun soddalashtirilgan ekologik standart hamda xodimlarni o‘qitish tizimini yaratish.
5. Soha statistikasiga "yashil" ko‘rsatkichlarni kiritib, strategiya ijrosini muntazam monitoring qilish.

Xulosa qilib, turizm sohasi jadal va barqaror o‘sayotgan sharoitda yashash va ovqatlanish xizmatlarini ko‘rsatuvchi korxonalari energiya, suv va oziq-ovqat resurslariga bo‘lgan talabni oshirmoqda. Shu bois, sohani «yashil» tamoyillar asosida qayta tashkil etish faqat ekologik emas, balki iqtisodiy zaruriyatga ham aylandi. Tadqiqot besh asosiy yo‘nalishni aniqladi: energiya samaradorligi va qayta tiklanuvchi manbalar, suvni tejash, oziq-ovqat isrofini kamaytirish, mahalliy ta’minot zanjiri, raqamlashtirish va «yashil» moliyalashtirish. Bu choralar bir-birini to‘ldiradi. O‘zbekistonning o‘ziga xos omillari (suv tanqisligi, yozgi issiqlik va sovitish tizimlariga yuqori talab, quyosh energiyasi salohiyati, boy dehqonchilik mahsulotlari, tarixiy shaharlarga turistlar oqimining mavsumiy to‘planishi) umumiy yondashuvlarni mahalliy sharoitga moslashtirishni talab qiladi. Taklif etilgan ustuvor yo‘nalishlar amalga oshirilsa, turizm, xususan yashash va ovqatlanish xizmatlari sohasida resurslar tejaladi, chiqindi kamayadi, iqtisodiyot qo‘llab-quvvatlanadi va mamlakat milliy turizmining raqobatbardoshligi yanada oshadi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yhati:

1. Pearce D., Markandya A., Barbier E. Blueprint for a Green Economy. London: Earthscan, 1989.
2. UNEP. Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication. Nairobi: UNEP, 2011
3. Elkington J. Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business. Oxford: Capstone, 1997
4. Porter M.E., Kramer M.R. Creating Shared Value // Harvard Business Review. 2011. Vol. 89, No. 1–2. P. 62–77.
5. Jones P., Hillier D., Comfort D. Sustainability in the global hotel industry // International Journal of Contemporary Hospitality Management. 2014. Vol. 26, No. 1. P. 5–17
6. Bohdanowicz P. European hoteliers' environmental attitudes: Greening the business // Cornell Hotel and Restaurant Administration Quarterly. 2005. Vol. 46, No. 2. P. 188–204
7. Font X., Lynes J. Corporate social responsibility in tourism and hospitality // Journal of Sustainable Tourism. 2018. Vol. 26, No. 7. P. 1027–1042.
8. Gössling S., Hall C.M., Scott D. Tourism and Water. Bristol: Channel View Publications, 2015.
9. Papargyropoulou E., Lozano R., Steinberger J.K., Wright N., Ujang Z. The food waste hierarchy as a framework for the management of food surplus and food waste // Journal of Cleaner Production. 2014. Vol. 76. P. 106–115.

RAQAMLI TRANSFORMATSIYA SHAROITIDA SANOAT KORXONALARI ISHLAB CHIQARISH SAMARADORLIGINI BAHOLASH METODIKASI: QASHQADARYO VILOYATI MISOLIDA

Ismatov Utkir Rustamovich, Samarqand iqtisodiyot va servis instituti,
Oliy matematika kafedrasi katta o‘qituvchisi

Annotatsiya: Maqolada raqamli transformatsiya sharoitida sanoat korxonalarining ishlab chiqarish samaradorligini baholashning an’anaviy ko‘rsatkichlari (mehnat unumdorligi, fond qaytimi, rentabellik) yetarli emasligi asoslanadi. Mualliflik metodikasi sifatida Raqamli ishlab chiqarish samaradorligi indeksi (RISI) va Raqamli transformatsiya darajasi indeksi (RTDI) taklif etilgan. Qashqadaryo viloyati sanoatining 2016–2025-yillardagi dinamikasi va texnologik tarkibi tahlil qilinib, viloyatda yuqori texnologiyali ishlab chiqarish ulushi 1,3 foizni tashkil etishi, bu esa raqamli modernizatsiya uchun sezilarli zaxira mavjudligini ko‘rsatishi aniqlangan. Korxona hajmi va raqamli yetukligiga qarab differensial raqamlashtirish modeli ishlab chiqilgan.

Kalit so‘zlar: raqamli transformatsiya, sanoat korxonasi, ishlab chiqarish samaradorligi, RISI, RTDI, OEE, Sanoat 4.0, Qashqadaryo viloyati.

Kirish: Zamonaviy sanoat korxonalarida ishlab chiqarish samaradorligi uzoq vaqt mehnat unumdorligi, fond qaytimi, mahsulot tannarxi, rentabellik va quvvatlardan foydalanish darajasi orqali baholab kelingan. Biroq raqamli

transformatsiya sharoitida iqtisodiy natija axborotni yig‘ish va qayta ishlash tezligi, uskunalarning o‘zaro bog‘langanligi, real vaqt monitoringi, sun’iy intellekt (AI) yordamida prognozlash hamda ERP, MES va CRM tizimlarining integratsiyasi bilan chambarchas bog‘liq bo‘lib qoldi. Faqat moliyaviy ko‘rsatkichlarga tayanish korxonaning real texnologik salohiyatini to‘liq aks ettirmaydi: yuqori daromadga ega korxona ham texnologik eskirish yoki raqamli integratsiyaning yetarli emasligi tufayli kelgusida samaradorlikni yo‘qotishi mumkin.

Tadqiqotning maqsadi – sanoat korxonalarida raqamli texnologiyalarning mavjudligini emas, balki ularning ishlab chiqarish natijasiga ta’sirini baholashga imkon beruvchi metodik yondashuvni asoslash va uni Qashqadaryo viloyati sanoati misolida qo‘llash yo‘nalishlarini aniqlashdir.

Adabiyotlar sharhi: Raqamli transformatsiya ilmiy adabiyotlarda texnologik modernizatsiyadan kengroq iqtisodiy-boshqaruv kategoriyasi sifatida talqin qilinadi. G. Vial 282 ta ilmiy manbani tizimli tahlil qilib, uni axborot, hisoblash, kommunikatsiya va ulanish texnologiyalarining kombinatsiyasi orqali tashkilot xususiyatlarida sezilarli o‘zgarishlarni yuzaga keltiruvchi jarayon sifatida ta’riflaydi [1]. P. Verhoef va hammualliflar rivojlanishni *digitization – digitalization – digital transformation* ketma-ketligida ko‘rib, oxirgi bosqichni biznes model, strategiya va tashkiliy tuzilmaning kompleks qayta tashkil etilishi deb izohlaydilar [2]. A. Bharadwaj va hammualliflar esa IT strategiyasi va biznes strategiyasining yagona *digital business strategy* ga birlashishini asoslaydilar [3]. Industry 5.0 konsepsiyasida texnologik taraqqiyot inson-markazli, barqaror va chidamli ishlab chiqarish vositasi sifatida qaraladi [4]. UNIDO tasnifida esa ilg‘or ishlab chiqarish texnologiyalari bosqichma-bosqich rivojlanadigan tizim sifatida talqin qilinib, Industry 3.0 texnologiyalarining yetarli o‘zlashtirilmasligi 4.0 ga o‘tishni murakkablashtirishi qayd etiladi [5].

Mazkur manbalarda raqamli yetuklik ko‘pincha umumiy tarzda ta’riflanadi; korxona darajasida raqamli tayyorgarlik va ishlab chiqarish natijasini bitta tizimda bog‘lovchi, rivojlanayotgan mamlakat sanoatiga moslashtirilgan o‘lchov vositalari esa yetarli emas. Ushbu bo‘shliq maqolada taklif etilayotgan indekslar orqali to‘ldiriladi.

Tadqiqot metodologiyasi: Tadqiqotda tizimli va qiyosiy tahlil, statistik guruhlash, ko‘rsatkichlarni vaznli integral indeksga keltirish hamda investitsiya samaradorligini baholash (ROI, NPV) usullaridan foydalanildi. Statistik baza sifatida Milliy statistika qo‘mitasining Qashqadaryo viloyati bo‘yicha 2016–2025-yillardagi ma’lumotlari ishlatildi.

Baholash mantiqi “resurs → jarayon → raqamli texnologiya → natija → monitoring → adaptiv boshqaruv” ketma-ketligiga asoslanadi. Taklif etilayotgan metodikaning asosiy farqi shundaki, korxona faoliyati yakuniy moliyaviy natija bilan emas, balki shu natijani yaratgan ishlab chiqarish tizimining raqamli yetukligi bilan birgalikda baholanadi.

RISI – Raqamli ishlab chiqarish samaradorligi indeksi

RISI to‘qqiz ko‘rsatkichni vaznli integral indeksga birlashtiradi (1-jadval).

1-jadval. RISI indeksining tarkibi

Ko‘rsatkich	Vazni
Mehnat unumdorligi	0,15
Uskunalarning umumiy samaradorligi (OEE)	0,20
Mahsulot tannarxi	0,10
Energiya samaradorligi	0,10
Sifat ko‘rsatkichlari	0,10
Uskunalarning to‘xtash vaqti	0,10
Jarayonlarning avtomatlashtirilishi	0,10
Ma’lumotlar integratsiyasi	0,10
Real vaqt monitoringi	0,05
Jami	1,00

Indeks qiymati to‘rt darajaga ajratiladi: 0,00–0,39 – past; 0,40–0,59 – o‘rta; 0,60–0,79 – barqaror; 0,80–1,00 – yuqori raqamli ishlab chiqarish samaradorligi. Bu korxonalarni bir-biri bilan taqqoslash va vaqt bo‘yicha transformatsiya dinamikasini aniqlash imkonini beradi.

RTDI – Raqamli transformatsiya darajasi indeksi

Rasmiy statistikadagi “yuqori texnologiyali ishlab chiqarish ulushi” raqamlashtirish darajasiga teng ko‘rsatkich emas – u tarmoqlarning texnologik klassifikatsiyasini aks ettiradi. Shu sababli korxona darajasidagi raqamli tayyorgarlikni o‘lchash uchun quyidagi indeks taklif etiladi:

$$\mathbf{RTDI = 0{,}15 \cdot DI + 0{,}15 \cdot AUT + 0{,}15 \cdot INT + 0{,}15 \cdot DATA + 0{,}10 \cdot AI + 0{,}10 \cdot IOT + 0{,}10 \cdot CYB + 0{,}10 \cdot HC}$$

bu yerda DI – raqamli infratuzilma; AUT – avtomatlashtirish; INT – ERP/MES/CRM integratsiyasi; DATA – ma’lumotlarga asoslangan boshqaruv; AI – sun’iy intellektdan foydalanish; IOT – IoT va sensorlashtirish; CYB – kiberxavfsizlik; HC – xodimlarning raqamli kompetensiyasi. Talqin: 0–0,39 – boshlang‘ich; 0,40–0,59 – rivojlanayotgan; 0,60–0,79 – integratsiyalashgan; 0,80–1,00 – aqlli ishlab chiqarish.

Vaznlar hozircha ekspert yondashuvi asosida belgilangan; keyingi bosqichda ularni AHP, Delphi yoki statistik usullar bilan asoslash ko‘zda tutiladi.

Tahlil va natijalar (Qashqadaryo sanoatining dinamikasi): Milliy statistika qo‘mitasi ma’lumotlariga ko‘ra, viloyatda sanoat mahsuloti hajmi 2016-yildagi 9 632,2 mlrd so‘mdan 2024-yilda 39 116,8 mlrd so‘mga, 2025-yilda esa 47 788,6 mlrd so‘mga yetgan. Muallif hisob-kitobiga ko‘ra, bu 2016–2025-yillarda nominal hajmning taxminan 4,96 baravar, o‘rtacha yillik nominal o‘sish esa taxminan 19,5 foiz bo‘lganini bildiradi. 2020-yilda hajm 2019-yilga nisbatan taxminan 28 foizga pasaygan (20 360,1 dan 14 612,3 mlrd so‘mgacha), keyingi yillarda esa barqaror o‘sish tiklangan.

Nominal qiymatlar narx o‘zgarishi, quvvatlar kengayishi va kon’yunkturani ham o‘z ichiga olgani uchun ularni raqamlashtirish samarasi deb talqin qilib bo‘lmaydi. Real o‘sish ko‘rsatkichi muhimroq: 2025-yilda sanoat ishlab chiqarishining real o‘sishi 2024-yilga nisbatan 7,2 foizni tashkil etgan. 2025-yil yanvar–noyabr oylarida qayta ishlash sanoati 33 213,2 mlrd so‘m yoki jami sanoat mahsulotining 81,3 foizini, elektr, gaz va bug‘ bilan ta’minlash 14,4 foizini, tog‘-kon sanoati 3,7 foizini egallagan. Qayta ishlash sanoatining yuqori ulushi MES, ERP, IoT va avtomatlashtirilgan sifat nazoratini joriy etish uchun nisbatan keng iqtisodiy baza mavjudligini bildiradi.

Texnologik tarkib:

2-jadval. Qashqadaryo ishlab chiqaruvchi sanoatining texnologik tarkibi, %

Texnologik guruh	2024	2025	O‘zgarish, f.p.
Yuqori texnologiyali	1,1	1,3	+0,2
O‘rta-yuqori	17,4	19,2	+1,8
O‘rta-quyi	29,0	42,7	+13,7
Quyi texnologiyali	52,5	36,8	−15,7

Manba: Qashqadaryo viloyati statistika boshqarmasi ma’lumotlari asosida (2025-yil – yanvar–noyabr).

Jadval ijobiy tarkibiy siljishni ko‘rsatadi: quyi texnologiyali ishlab chiqarish ulushi 15,7 foiz punktga kamaygan, o‘rta-quyi guruh ulushi esa 13,7 foiz punktga oshgan. Biroq yuqori texnologiyali segment atigi 1,3 foizni tashkil etadi. Bu – ham cheklov, ham modernizatsiya uchun katta zaxira. Shu bilan birga, ushbu statistika korxonalarning haqiqiy raqamlashtirish darajasini o‘lchamaydi; buning uchun korxona so‘rovi yoki mikro-ma’lumotlar asosida RTDI hisoblanishi zarur.

Raqamlashtirishning uch holati: O‘zbekiston sanoati uchun raqamlashtirishning uch xil holatini farqlash taklif etiladi: **raqamli mavjudlik** (texnologiya korxonada bor), **raqamli integratsiya** (u boshqa funksiyalar bilan bog‘langan) va **raqamli natijadorlik** (xarajat, vaqt, sifat, unumdorlik yoki rentabellik amalda yaxshilangan). Masalan, ERP tizimi o‘rnatilgan, ammo bo‘limlar ma’lumotlari integratsiyalashmagan korxona faqat birinchi holatda bo‘ladi va transformatsiyaning to‘liq natijasini bermaydi.

Raqamli investitsiyalar samaradorligi: Raqamli loyihalarning iqtisodiy maqsadga muvofiqligi ikki ko‘rsatkich bilan baholanadi: ROI (qisqa va o‘rta muddatli rentabellik) va NPV (uzoq muddatli investitsion samara; NPV > 0 bo‘lsa, loyiha iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq). Raqamli investitsiya rentabelligi quyidagicha hisoblanadi:

$$\mathbf{ROI(DIG) = (F + X) / I \times 100\%}$$

bu yerda F – raqamlashtirish natijasida olingan qo‘shimcha foyda; X – tejalgan xarajatlar; I – kiritilgan investitsiya. Shartli misol: F = 300 mln so‘m, X = 100 mln so‘m, I = 1 mlrd so‘m bo‘lsa, ROI = (300 + 100) / 1000 × 100 = 40 foiz. Baholash uch bosqichda tashkil etiladi: (1) raqamli diagnostika – mavjud

ERP, MES, SCADA, CRM, IoT va analitik platformalardan foydalanish darajasi aniqlanadi; (2) texnik-iqtisodiy baholash – OEE, mehnat unumdorligi, energiya sig‘imi, brak, tannarx, sikl davomiyligi va to‘xtashlardagi o‘zgarish o‘lchanadi; (3) adaptiv boshqaruv – natijalarga ko‘ra qarorlar qayta ko‘rib chiqiladi. Raqamlashtirish bir martalik IT-loyiha emas, balki uzluksiz boshqaruv sikli sifatida tashkil etilishi lozim.

Differensial raqamlashtirish modeli: Kichik korxonalar uchun to‘liq *smart factory* infratuzilmasini birdaniga yaratish katta kapital xarajat talab etadi. Shu sababli korxona hajmi va raqamli yetukligiga qarab bosqichma-bosqich model tavsiya etiladi:

kichik korxona: bulutli ERP + CRM + elektron hisob (1-bosqich – buxgalteriya va ombor, 2-bosqich – ERP va CRM);

o‘rta korxona: ERP + MES + IoT + BI (3-bosqich – uskunalarni sensorlashtirish, 4-bosqich – MES va real vaqt monitoringi);

yirik korxona: ERP + MES + IIoT + AI + Digital Twin + robototexnika (5-bosqich – AI va prediktiv analitika).

Bu yondashuv UNIDO tadqiqotlaridagi xulosaga mos: ilg‘or texnologiyalarni mavjud ishlab chiqarish tizimlariga bosqichma-bosqich integratsiya qilish samaraliroq [5]. Eskirgan uskunalar muammosi *retrofit* – mavjud uskuna ustiga sensor va raqamli modul o‘rnatish orqali, kichik korxonalar uchun esa SaaS/bulut yechimlari orqali yumshatilishi mumkin. Yirik va kichik korxonalar o‘rtasidagi raqamli tafovut hamda kadrlar tanqisligi, ma’lumotlar sifati va kiberxavfsizlik asosiy cheklovlar bo‘lib qolmoqda.

Xulosa va takliflar:

1. Raqamli transformatsiya sharoitida ishlab chiqarish samaradorligini faqat an’anaviy iqtisodiy ko‘rsatkichlar bilan baholash yetarli emas; mehnat unumdorligi, OEE, tannarx, energiya, sifat, to‘xtashlar, avtomatlashtirish va ma’lumotlar integratsiyasini birlashtiruvchi RISI indeksi taklif etildi.

2. Rasmiy statistikaning texnologik tarkib ko‘rsatkichlari korxonalarning raqamlashtirish darajasini o‘lchamaydi; buni to‘ldirish uchun sakkiz komponentli RTDI indeksidan foydalanish tavsiya etiladi.

3. Qashqadaryo sanoati 2016–2025-yillarda miqyos jihatidan kengaygan, texnologik tarkibida quyi texnologiyali ishlab chiqarish ulushi 52,5 foizdan 36,8 foizgacha kamaygan, ammo yuqori texnologiyali segment 1,3 foizligicha qolmoqda.

4. Raqamlashtirish samarasi “mavjudlik → integratsiya → natijadorlik” mezoni va ROI/NPV asosida baholanishi, joriy etish esa korxona hajmi va yetukligiga mos differensial model bo‘yicha amalga oshirilishi maqsadga muvofiq.

Tadqiqot cheklovi: indekslarning vaznlari ekspert yondashuviga asoslangan; ularni korxona darajasidagi so‘rov va panel ma’lumotlar asosida empirik tekshirish keyingi tadqiqotlar vazifasidir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Vial G. Understanding digital transformation: A review and a research agenda // The Journal of Strategic Information Systems. 2019. Vol. 28, No. 2. P. 118–144. https://doi.org/10.1016/j.jsis.2019.01.003

2. Verhoef P. C., Broekhuizen T., Bart Y., Bhattacharya A., Dong J. Q., Fabian N., Haenlein M. Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda // Journal of Business Research. 2021. Vol. 122. P. 889–901. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.09.022

3. Bharadwaj A., El Sawy O. A., Pavlou P. A., Venkatraman N. Digital business strategy: Toward a next generation of insights // MIS Quarterly. 2013. Vol. 37, No. 2. P. 471–482. https://doi.org/10.25300/MISQ/2013/37:2.3

4. European Commission. Industry 5.0: Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2021.

5. UNIDO (Birlashgan Millatlar Tashkilotining Sanoatni rivojlantirish tashkiloti). Ilg‘or ishlab chiqarish texnologiyalari va Industry 4.0 bo‘yicha tahliliy materiallar. [Aniq nashr ma’lumotlari kiritilsin.]

6. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 5-oktabrdagi PF-6079-son Farmoni bilan tasdiqlangan “Raqamli O‘zbekiston – 2030” strategiyasi.

7. O‘zbekiston Respublikasi Milliy statistika qo‘mitasi. Qashqadaryo viloyati sanoat ishlab chiqarishi bo‘yicha ma’lumotlar, 2016–2025-yillar.

SANOAT KORXONALARINING STRATEGIK RIVOJLANISHINI RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR ASOSIDA BOSHQARISH: ADAPTIV MODEL, SSRI INDEKSI VA PROGNOZLASH MEXANIZMI

Ismatov Utkir Rustamovich. Samarqand iqtisodiyot va servis instituti
Oliy matematika kafedrasi katta o‘qituvchisi

Annotatsiya: Maqolada sanoat korxonalarida klassik “reja → amalga oshirish → nazorat” modelidan real vaqt ma’lumotlariga asoslangan adaptiv strategik boshqaruvga o‘tish mexanizmi asoslanadi. Strategik diagnostika, maqsadlar tizimi, KPI, muqobillarni ko‘p mezonli baholash, ssenariy tahlili va riskka asoslangan tanlovni birlashtiruvchi algoritm, shuningdek korxonaning strategik rivojlanishini kompleks baholovchi SSRI indeksi taklif etilgan. Sun’iy intellekt (AI) va IoT texnologiyalari asosida ishlab chiqarishni optimallashtirishning o‘n bosqichli mexanizmi hamda ekonometrik modellar, mashinaviy o‘qitish va ssenariylarni uyg‘unlashtiruvchi prognozlash tizimi tavsiflangan. Tadqiqotning asosiy xulosasi: AI strategik qarorda rahbarni almashtirmaydi – “inson-tsikl ichida” (human-in-the-loop) modeli maqbul hisoblanadi.

Kalit so‘zlar: strategik boshqaruv, adaptiv strategiya, SSRI, sun’iy intellekt, IoT, prediktiv texnik xizmat, prognozlash, human-in-the-loop.

Kirish: O‘zbekiston sanoatida ishlab chiqarish miqyosi kengayib bormoqda:

Milliy statistika qo‘mitasi ma’lumotlariga ko‘ra, 2025-yilda sanoat mahsuloti hajmi 1,1 kvadrillion so‘mdan oshib, real o‘sish 6,8 foizni tashkil etgan, faoliyat yuritayotgan sanoat korxonalari soni esa 59,8 mingtaga yetgan. Korxona hajmi, ta’minot operatsiyalari, uskunalar soni va mijozlar bazasi kengaygan sari ma’lumotlarni qo‘lda qayta ishlashga asoslangan boshqaruv modeli samarasizlashadi. Institutsional jihatdan bu jarayon “Raqamli O‘zbekiston – 2030” strategiyasi (PF-6079, 2020-yil 5-oktabr), Sun’iy intellekt texnologiyalarini 2030-yilgacha rivojlantirish strategiyasi (PQ-358, 2024-yil 14-oktabr) hamda ularning uyg‘unligini kuchaytiruvchi 2026-yil 24-iyuldagi PF-141-son Farmon bilan qo‘llab-quvvatlanmoqda [5–7].

An’anaviy strategik boshqaruvda ma’lumotlar to‘planadi, hisobot shakllantiriladi, rahbariyatga taqdim etiladi va shundan keyingina qaror qabul qilinadi. Bozor, texnologiya va narxlar tez o‘zgaradigan muhitda bunday kechikish korxonaning moslashuvchanligini cheklaydi. Tadqiqotning maqsadi – sanoat korxonasining strategik rivojlanishini raqamli ma’lumotlar va AI asosida uzluksiz yangilanadigan mexanizm sifatida tashkil etishning metodik asoslarini ishlab chiqishdir.

Nazariy asos: Bharadwaj va hammualliflar IT strategiyasini biznes strategiyasidan alohida funksional strategiya sifatida ko‘rish yondashuvi o‘z ahamiyatini yo‘qotayotganini ta’kidlab, yagona *raqamli biznes strategiyasi* tushunchasini taklif qilganlar [1]. Vial raqamli transformatsiyani tushuntirishda dinamik qobiliyatlar nazariyasining ahamiyatini ko‘rsatadi: korxona tashqi muhitdagi imkoniyat va tahdidlarni aniqlashi, ularga javob qarorlari qabul qilishi va resurslarini qayta tashkil eta olishi kerak [2]. Verhoef va hammualliflarga ko‘ra, transformatsiya muvaffaqiyati maxsus tashkiliy tuzilma, raqamli aktivlar va tegishli tashkiliy qobiliyatlarni talab qiladi [3]. Industry 5.0 doirasida esa texnologiya insonni chetlashtirish emas, balki inson farovonligi va tizim chidamliligini ta’minlash vositasi sifatida talqin qilinadi [4].

Shu asosda raqamli boshqaruvning asosiy xususiyatlari an’anaviy modelga nisbatan quyidagicha farqlanadi (1-jadval).

1-jadval. An’anaviy va raqamli-adaptiv strategik boshqaruv

Mezon	An’anaviy	Raqamli-adaptiv
Ma’lumot	davriy	real vaqt
Tahlil	retrospektiv	prediktiv
Reja	statik	dinamik
Qaror asosi	rahbar tajribasi	ma’lumot + AI
Monitoring	oylik/choraklik	uzluksiz
Risk	hodisadan keyin	oldindan
Strategiya	kam o‘zgaradi	adaptiv
Boshqaruv	funksional	integratsiyalashgan

Adaptiv strategik boshqaruv algoritmi: Taklif etilayotgan algoritm quyidagi ketma-ketlikka asoslanadi: strategik maqsad → diagnostika → ma'lumot → tahlil → muqobil strategiyalar → ssenariy → risk → optimal tanlov → resurslarni taqsimlash → raqamli ijro → monitoring → adaptiv tuzatish. Uning asosiy bosqichlari quyidagilardan iborat.

1. Strategik diagnostika. Ichki (quvvat, moliya, inson kapitali, texnologik daraja, raqamli infratuzilma, innovatsion salohiyat) va tashqi (bozor talabi, raqobat, xomashyo narxlari, energiya tariflari, logistika, normativ muhit) omillar tahlil qilinadi. Umumiy strategik holat S = f(M, T, F, H, D, R) ko‘rinishida ifodalanadi, bu yerda M – bozor, T – texnologiya, F – moliya, H – inson kapitali, D – raqamli salohiyat, R – risk.

2. Maqsadlar tizimi. Maqsadlar faqat sotuv yoki foyda bilan cheklanmaydi: G = {G(f), G(p), G(d), G(i), G(e), G(c)} – mos ravishda moliyaviy, ishlab chiqarish, raqamlashtirish, innovatsion, ekologik-energetik va raqobatbardoshlik maqsadlari.

3. KPI tizimi. Moliyaviy (ROA, ROI, ROS, EBITDA), ishlab chiqarish (OEE, unumdorlik, sikl davomiyligi), sifat (brak ulushi), energiya (birlik mahsulotga sarf), raqamlashtirish (RTDI, avtomatlashtirish ulushi), innovatsiya (yangi mahsulot ulushi), mijoz, risk va inson kapitali yo‘nalishlari bo‘yicha ko‘rsatkichlar belgilanadi.

4. Muqobillarni ko‘p mezonli baholash. Strategik muqobillar (quvvatni oshirish, diversifikatsiya, raqamli transformatsiya, eksport strategiyasi, energiya samaradorligi, innovatsion mahsulot) vaznli yig‘indi bilan baholanadi:

$$\mathbf{Score(j) = w(1)\cdot x(1j) + w(2)\cdot x(2j) + \ldots + w(n)\cdot x(nj)}$$

Shartli misol: 0,4·8 + 0,3·7 + 0,3·9 = 8,0 ball. Mezonlarning tavsiya etilgan vaznlari 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval. Strategik muqobillarni baholash mezonlari

Mezon	Vazn
Foydalilik	0,20
Bozor imkoniyati	0,15
Investitsiya ehtiyoji	0,15
Risk	0,15
Raqamli salohiyat	0,15
Innovatsiya	0,10
Ekologik natija	0,10
Jami	1,00

5. Ssenariy tahlili. Kamida uch ssenariy tayyorlanadi: optimistik, bazaviy va pessimistik. Soddalashtirilgan trend ko‘rinishida $Y(t+1) = Y(t)\cdot(1 + g)$, bunda g ssenariyga qarab farqlanadi (shartli misolda mos ravishda +15%, +8% va −3%).

6. Riskka asoslangan tanlov. Har bir risk $R(i) = P(i)\cdot I(i)$ (ehtimol × ta'sir) sifatida baholanadi, umumiy strategik risk esa $TR = w(1)R(1) + \ldots + w(n)R(n)$ ko‘rinishida integral ko‘rsatkichga keltiriladi.

7. Raqamli monitoring va adaptiv tuzatish. Rahbariyat uchun *Digital Strategy Dashboard* tavsiya etiladi: ishlab chiqarish, moliya, sotuv, energiya, logistika, risk va raqamlashtirish ko‘rsatkichlari real vaqtda aks etadi, svetofor mantig‘i (yashil – reja bajarilgan, sariq – og‘ish bor, qizil – kritik holat) qo‘llanadi. Asosiy yangilik – an’anaviy “strategiya → ijro → yil yakuni → tahlil” o‘rniga “strategiya → real vaqt ijro → monitoring → og‘ish → AI tahlili → strategik tuzatish” sikli.

Barcha tizimlar yagona arxitekturada ishlaydi: ERP moliya va resurslarni, MES ishlab chiqarishni, SCADA texnologik parametrlarni boshqaradi, IoT uskunalardan real vaqt ma’lumotini oladi, Data Lake ma’lumotlarni jamlaydi, AI tahlil va prognozni bajaradi, strategik dashboard esa yuqori boshqaruvga qaror qabul qilish imkonini beradi.

Inson-sikl ichida modeli: Strategik qarorlarni to‘liq algoritmlashtirish mumkin emas: korporativ obro‘, siyosiy va institutsional risk, xodimlar motivatsiyasi, uzoq muddatli brend strategiyasi kabi omillar inson ekspertizasini talab qiladi. Shu sababli *human-in-the-loop* modeli tavsiya etiladi: AI hisoblaydi → rahbar baholaydi → strategik qaror qabul qilinadi. Strategik investitsiyalar, etik masalalar, yuqori riskli qarorlar va kadrlar siyosati inson mas’uliyatida qoladi.

SSRI – strategik rivojlanish indeksi: Korxonaning strategik holatini kompleks baholash uchun Sanoat korxonasining strategik rivojlanish indeksi (SSRI) taklif etiladi:

$$\mathbf{SSRI = 0{,}20 \cdot F + 0{,}20 \cdot P + 0{,}15 \cdot D + 0{,}15 \cdot I + 0{,}10 \cdot H + 0{,}10 \cdot E + 0{,}10 \cdot A}$$

bu yerda F – moliyaviy barqarorlik; P – ishlab chiqarish samaradorligi; D – raqamli yetuklik; I – innovatsiya; H – inson kapitali; E – energiya va ekologik samaradorlik; A – adaptivlik. Talqin: 0–0,39 – strategik zaif; 0,40–0,59 – rivojlanayotgan; 0,60–0,79 – barqaror; 0,80–1,00 – yuqori adaptiv strategik korxona. Indeksda moliyaviy va ishlab chiqarish komponentlari (jami 0,40) raqamli yetuklik va innovatsiya (jami 0,30) bilan birga hisobga olinadi, ya’ni strategik muvaffaqiyat faqat moliyaviy natija bilan o‘lchanmaydi.

AI va IoT asosida optimallashtirish mexanizmi: Sanoat korxonasida IoT ma’lumotni yaratadi, Big Data saqlaydi, AI tahlil qiladi, boshqaruv tizimi esa qaror qabul qiladi. 3-jadvalda ushbu texnologiyalarning funksional rollari umumlashtirilgan.

3-jadval. AI va IoTning sanoat korxonasidagi qo‘llanishi

Jarayon	IoT vazifasi	AI vazifasi	Kutiladigan natija
Uskuna	holatni o‘lchash	nosozlik prognozi	to‘xtashlar kamayadi
Energiya	sarfni o‘lchash	optimallashtirish	energiya tejaladi
Sifat	sensor/kamera	nuqson aniqlash	brak kamayadi
Ombor	zaxira monitoringi	talab prognozi	zaxira optimal bo‘ladi
Logistika	GPS	marshrut tanlash	xarajat kamayadi

Jarayon	IoT vazifasi	AI vazifasi	Kutiladigan natija
Ishlab chiqarish	real holat	rejalashtirish	unumdorlik oshadi
Strategiya	real KPI	ssenariy	tezkor qaror

Eng istiqbolli yo‘nalish – *prediktiv texnik xizmat*: reaktiv (buzilgandan keyin ta’mirlash) va rejalashtirilgan xizmatdan farqli, vibratsiya, harorat, bosim, tok kuchi va aylanish tezligi sensorlari ma’lumotlari asosida AI nosozlik ehtimolini oldindan aniqlaydi. Joriy etish o‘n bosqichda tavsiya etiladi: (1) aniq ishlab chiqarish muammosini belgilash (yuqori to‘xtash, brak, energiya sarfi); (2) IoT infratuzilmasini yaratish; (3) ma’lumotlarni Data Lake da markazlashtirish; (4) ma’lumotlarni tozalash; (5) AI modelini tarixiy ma’lumotda o‘qitish; (6) bitta uskuna yoki sexda pilot; (7) iqtisodiy samarani baholash; (8) masshtablash; (9) real vaqt monitoringi; (10) modelni qayta o‘qitish. Texnologiya “zamonaviy bo‘lgani uchun” emas, aniq muammoni yechish uchun tanlanadi. Natijada korxona o‘z tajribasidan doimiy o‘rganuvchi tizimga yaqinlashadi. Kiberxavfsizlik uchun qurilmalar autentifikatsiyasi, tarmoq segmentatsiyasi, shifrlash, yangilanishlarni boshqarish va zaxira nusxalash zarur.

Smart-ishlab chiqarish investitsiyasi samarasi ham ROI orqali baholanadi. Shartli misol: tejalgan xarajat 100, qo‘shimcha foyda 50, investitsiya 200 birlik bo‘lsa, ROI = (100 + 50) / 200 × 100 = 75 foiz.

Prognozlash mexanizmi: Prognozlash ikki darajada tashkil etiladi: ekonometrik va AI asosidagi dinamik prognoz.

Ekonometrik daraja. Samaradorlik ko‘rsatkichi quyidagi bog‘liqlik orqali tushuntiriladi: Y(t) = f(INV, LAB, DIG, INN, ENE, AI), ya’ni investitsiya, mehnat unumdorligi, raqamlashtirish, innovatsion faollik, energiya samaradorligi va AI dan foydalanish darajasi. Vaqt qatorlari uchun chiziqli regressiya, korxonalar kesimida ma’lumot mavjud bo‘lganda esa korxonaga xos (μ(i)) va vaqtga xos (λ(t)) effektlarni ajratuvchi panel modeli qo‘llanadi. Raqamlashtirish koeffitsiyenti (β(1)) musbat va statistik ahamiyatli bo‘lsa, uning samaradorlikka ijobiy ta’siri empirik tasdiqlanadi; bunda bu bog‘liqlik avtomatik emas – kadrlar, investitsiya va tizimlar integratsiyasi bilan birga namoyon bo‘ladi. Dastlabki baholash uchun oddiy trend modeli Y(t+n) = Y(t)·(1 + g)^n ishlatiladi: 2025-yilda 100 birlik, yillik o‘sish 8 foiz bo‘lsa, 2030-yilga kelib ko‘rsatkich 146,93 birlikka (besh yilda taxminan 46,9 foiz) yetadi.

AI darajasi. Random Forest, XGBoost, Gradient Boosting, neyron tarmoqlari va LSTM kabi algoritmlar chiziqsiz bog‘lanishlarni aniqlab, Y(t+1) = ML(X(t)) ko‘rinishida prognoz beradi. Aniqlik MAE, RMSE va MAPE ko‘rsatkichlari bilan baholanadi. Prognoz bir marta tuzilib qolmaydi: har chorakda yangi ma’lumot asosida model qayta hisoblanadi (*rolling forecast*), smart-ishlab chiqarishda esa AI ertangi hajm, bir soatdan keyingi energiya talabi yoki keyingi 48 soatdagi nosozlik xavfini baholashi mumkin.

Ssenariylar. Konservativ (sekin raqamlashtirish, cheklangan investitsiya, AI kam qo‘llanadi), bazaviy (rejalashtirilgan investitsiya, ERP/MES kengayishi,

AI pilotlari) va innovatsion (yuqori raqamli investitsiya, Big Data, AI, Digital Twin, robotlashtirish) ssenariylari shakllantiriladi. Bazaviy ssenariy bo‘yicha namunaviy maqsadli trayektoriya 4-jadvalda berilgan.

4-jadval. Sanoat korxonasi raqamli rivojlanishining namunaviy bazaviy ssenariysi, %

Ko‘rsatkich	2026	2027	2028	2029	2030
Raqamlashtirish	55	64	72	81	90
Avtomatlashtirish	50	59	68	78	87
IoT qamrovi	42	53	64	75	85
AI asosidagi jarayonlar	20	32	45	60	75
Real vaqt monitoringi	48	60	71	82	92
Prediktiv texnik xizmat	25	38	52	68	82
Ma’lumotlarga asoslangan qarorlar	50	62	73	84	94

Transformatsiya yo‘l xaritasi quyidagicha: 2026 – raqamli daraja (ERP/MES), 2027 – integratsiyalashgan (IoT/Data Lake), 2028 – prediktiv (AI/ML), 2029 – smart (Digital Twin, robotlar), 2030 – adaptiv (AI asosidagi avtonom boshqaruv).

Xulosa:

1. Raqamli sharoitda strategiya bir martalik hujjat emas, real vaqt ma’lumotlari asosida yangilanadigan boshqaruv mexanizmidir; taklif etilgan algoritm diagnostikadan adaptiv tuzatishgacha bo‘lgan uzluksiz siklni ta’minlaydi.

2. SSRI indeksi moliyaviy, ishlab chiqarish, raqamli, innovatsion, kadrlar, energetik va adaptivlik komponentlarini yagona o‘lchovda birlashtirib, korxonalarni taqqoslash va ustuvorliklarni belgilash imkonini beradi.

3. AI va IoT asosidagi optimallashtirish aniq ishlab chiqarish muammosidan boshlanib, pilot, iqtisodiy baholash va masshtablash bosqichlaridan o‘tishi kerak; strategik qarorlarda *human-in-the-loop* tamoyili saqlanadi.

4. Prognozlashda trend ekstrapolyatsiyasi bilan cheklanmasdan, ekonometrik model, mashinaviy o‘qitish, ssenariy tahlili va *rolling forecast* birgalikda qo‘llanishi tavsiya etiladi.

Tadqiqot cheklovi: indekslarning vaznlari va 2026–2030-yillar ssenariysi ekspert va shartli hisob-kitoblarga asoslangan; ularni korxona darajasidagi real ma’lumotlar (panel, MAE/RMSE/MAPE bo‘yicha tekshiruv) bilan tasdiqlash keyingi bosqich vazifasidir.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Bharadwaj A., El Sawy O. A., Pavlou P. A., Venkatraman N. Digital

business strategy: Toward a next generation of insights // MIS Quarterly. 2013. Vol. 37, No. 2. P. 471–482. https://doi.org/10.25300/MISQ/2013/37:2.3

2. Vial G. Understanding digital transformation: A review and a research agenda // The Journal of Strategic Information Systems. 2019. Vol. 28, No. 2. P. 118–144. https://doi.org/10.1016/j.jsis.2019.01.003

3. Verhoef P. C., Broekhuizen T., Bart Y., Bhattacharya A., Dong J. Q., Fabian N., Haenlein M. Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda // Journal of Business Research. 2021. Vol. 122. P. 889–901. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.09.022

4. European Commission. Industry 5.0: Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2021.

5. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 5-oktabrdagi PF-6079-son Farmoni bilan tasdiqlangan “Raqamli O‘zbekiston – 2030” strategiyasi.

6. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2024-yil 14-oktabrdagi PQ-358-son qarori bilan tasdiqlangan Sun’iy intellekt texnologiyalarini 2030-yilgacha rivojlantirish strategiyasi.

7. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2026-yil 24-iyuldagi PF-141-son Farmoni.

8. O‘zbekiston Respublikasi Milliy statistika qo‘mitasi. Sanoat ishlab chiqarishi bo‘yicha ma’lumotlar, 2024–2025-yillar.

ATROF-MUHIT MENEJMENTI TIZIMIDA OPTIMALLASHTIRISH ALGORITMLARINING QO‘LLANILISHI

Ismatov Utkir Rustamovich. Samarqand iqtisodiyot va servis instituti “Oliy matematika”kafedrasi katta o‘qituvchisi

O‘razaliyev Shirinboy Bo‘ron o‘g‘li. Samarqand iqtisodiyot va servis instituti “Oliy matematika”kafedrasi, assistenti

Annotatsiya. Quyida atrof-muhit menejmenti tizimida (AMT) qaror qabul qilish jarayonlarini matematik modellashtirish va optimallashtirish algoritmlari orqali takomillashtirish masalalari yoritilgan. Chiziqli dasturlash, ko‘p maqsadli optimallashtirish, jarima funksiyalari usuli hamda genetik algoritm va zarrachalar to‘dasi usuli kabi evristik yondashuvlarning imkoniyatlari tahlil qilingan. Tabiatni muhofaza qilish tadbirlarini tanlashga doir sonli misol keltirilgan.

Kalit so‘zlar: atrof-muhit menejmenti, optimallashtirish, chiziqli dasturlash, genetik algoritm, zarrachalar to‘dasi usuli, yashil iqtisodiyot.

Kirish:Iqtisodiyotning jadal rivojlanishi tabiiy resurslardan foydalanish hajmini va atrof-muhitga tushayotgan antropogen yukni oshirmoqda. Shu sababli korxona va hududlar darajasida atrof-muhit menejmenti tizimini joriy etish dolzarb vazifaga aylangan. Bu tizimning xalqaro talablari belgilangan bo‘lib, u doimiy yaxshilanish tamoyiliga asoslanadi. O‘zbekistonda esa yashil iqtisodiyotga o‘tish strategiyasi va atrof-muhitni muhofaza qilish konsepsiyasi bu yo‘nalishdagi ustuvor vazifalarni belgilab bergan.

Atrof-muhit menejmentida cheklangan moliyaviy va moddiy resurslar sharoitida eng samarali tadbirlar majmuasini tanlash zarur bo‘ladi. Aynan shu yerda optimallashtirish algoritmlari qo‘l keladi: ular ekologik talablar (chiqindi me’yorlari, ruxsat etilgan chegaraviy miqdorlar) bajarilgan holda xarajatlarni minimallashtirish yoki ekologik samarani maksimallashtirish imkonini beradi.

Optimallashtirish masalasining matematik qo‘yilishi

Faraz qilaylik, korxonada ifloslantiruvchi moddalar chiqarilishini kamaytirish uchun n ta tadbir (texnologiya, filtr, resurstejamkor jarayon) mavjud bo‘lsin. x_i – i-tadbirning joriy etilish darajasi, c_i – uning birlik xarajati, a_{ji} – i-tadbirning j-modda bo‘yicha chiqindini kamaytirish samarasi, b_j – talab etilgan minimal kamaytirish miqdori bo‘lsin. U holda umumiy xarajatni minimallashtirish masalasi quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$F(x) = \sum_{i=1}^{n} c_i x_i \to min, \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^{n} a_{ji} x_i \geq b_j, j = 1,2, \dots, m, \quad (2)$$

bunda $x_i \geq 0$. (1) ifoda maqsad funksiyasi, (2) esa ekologik cheklovlar tizimidir. Agar x_i faqat butun (yoki 0 va 1) qiymatlar qabul qilsa, masala butun sonli dasturlash masalasiga aylanadi. Real vaziyatlarda maqsad funksiyasi yoki cheklovlar chiziqsiz bo‘lishi ham mumkin, bunda boshqa usullar qo‘llaniladi.

Chiziqli dasturlash va sonli misol

(1)–(2) ko‘rinishdagi masalalarni yechishning asosiy usuli – G. Dantsig taklif etgan simpleks usulidir. Usul ruxsat etilgan yechimlar ko‘pyoqligining uchlarini ketma-ket ko‘zdan kechirib, maqsad funksiyasi qiymatini har qadamda yaxshilab boradi. Chiziqli masalada optimal yechim albatta shu ko‘pyoqlikning uchlaridan birida erishiladi.

Misol. Korxona ikki turdagi tozalash qurilmasini joriy etmoqchi. Xarajat funksiyasi $Z = 3x_1 + 2x_2 \to min$, chang bo‘yicha cheklov $4x_1 + 2x_2 \geq 20$, oltingugurt oksidi bo‘yicha cheklov $x_1 + 3x_2 \geq 15$, $x_1, x_2 \geq 0$ bo‘lsin. Ruxsat etilgan sohaning uchlari: (0; 10), (3; 4) va (15; 0). Ularda maqsad funksiyasi mos ravishda 20, 17 va 45 ga teng. Demak, optimal yechim $x_1 = 3, x_2 = 4$, minimal xarajat $Z_{min} = 17$ shartli birlikni tashkil etadi. Bu natija har ikkala ekologik me’yor aynan chegarada bajarilishini ko‘rsatadi, ya’ni ortiqcha sarf yo‘q.

Ko‘p maqsadli optimallashtirish va jarima funksiyalari usuli

Amalda atrof-muhit menejmenti bir necha o‘zaro ziddiyatli maqsadni o‘z ichiga oladi: xarajatni kamaytirish, chiqindini qisqartirish, energiya sarfini pasaytirish. Bunday hollarda masalani vaznli yig‘indi usuli bilan bitta maqsad funksiyasiga keltirish mumkin :

$$F(x) = \sum_{k=1}^{K} w_k f_k(x) \to min, \sum_{k=1}^{K} w_k = 1, w_k \geq 0, \quad (3)$$

bunda $f_k(x) - k$ -maqsad funksiyasi, w_k – uning muhimlik darajasini bildiruvchi vazn koeffitsiyenti. Vaznlarni o‘zgartirib, Pareto-optimal yechimlar to‘plamini hosil qilish mumkin va qaror qabul qiluvchi shaxs ular orasidan tanlaydi.

Chiziqsiz cheklovlar $g_j(x) \leq 0$ mavjud bo‘lganda jarima funksiyalari usuli qulay: cheklovlar buzilganda maqsad funksiyasiga jarima qo‘shiladi,

$$\Phi(x) = F(x) + \mu \sum_{j=1}^{m} [max(0, g_j(x))]^2, \quad (4)$$

bu yerda $\mu > 0$ – jarima koeffitsiyenti. Natijada shartli masala shartsiz masalaga keltiriladi va uni gradient usuli bilan yechish mumkin: $x^{k+1} = x^k - \alpha_k \nabla \Phi(x^k)$ (5), bunda α_k – qadam uzunligi, $\nabla \Phi$ – gradient.

Evristik algoritmlar: genetik algoritm va zarrachalar to‘dasi usuli

Atrof-muhit tizimlari ko‘pincha chiziqsiz, ko‘p o‘zgaruvchili va ko‘p lokal minimumli bo‘ladi. Bunday masalalarda klassik usullar lokal yechimda “qolib ketishi” mumkin, shuning uchun tabiatdan ilhomlangan evristik algoritmlar keng qo‘llaniladi.

Genetik algoritm. Yechimlar populyatsiyasi (xromosomalar) hosil qilinadi, har biri uchun moslik funksiyasi hisoblanadi, masalan $f_i = 1/(1 + \Phi(x_i))$. Tanlash ehtimoli ruletka usulida aniqlanadi:

$$P_i = \frac{f_i}{\sum_{j=1}^{N} f_j}, \quad (6)$$

so‘ngra kesishish (krossover) va mutatsiya operatorlari yordamida yangi avlod olinadi. Jarayon to‘xtash sharti bajarilguncha davom etadi. Algoritmning afzalligi – maqsad funksiyasining hosilasi talab etilmaydi va u diskret o‘zgaruvchilar bilan ham ishlaydi.

Zarrachalar to‘dasi usuli . Har bir zarracha fazoda x_i holatga va v_i tezlikka ega bo‘lib, o‘zining eng yaxshi holati p_i va to‘daning eng yaxshi holati g asosida harakatlanadi:

$$v_i^{t+1} = \omega v_i^t + c_1 r_1 (p_i - x_i^t) + c_2 r_2 (g - x_i^t), \quad (7)$$

$$x_i^{t+1} = x_i^t + v_i^{t+1}, \quad (8)$$

bunda ω – inersiya koeffitsiyenti, c_1, c_2 – tezlashtirish koeffitsiyentlari, r_1, r_2 – [0; 1] oraliqdagi tasodifiy sonlar. Usul dasturlashda sodda, tez yaqinlashadi va hududiy chiqindi tashlamalarini taqsimlash, monitoring nuqtalarini joylashtirish, energiya manbalari aralashmasini tanlash kabi masalalarda yaxshi natija beradi.

Amaliy qo‘llanish yo‘nalishlari

Ko‘rib chiqilgan algoritmlarni AMT doirasida quyidagi masalalarni yechishda qo‘llash mumkin: (1) tozalash inshootlari va texnologiyalarni xarajat bo‘yicha optimal tanlash; (2) chiqindilarni yig‘ish va tashish marshrutlarini optimallashtirish; (3) suv va energiya resurslarini taqsimlash; (4) ekologik monitoring tarmog‘ini rejalashtirish; (5) yashil investitsiya loyihalarini mablag‘ cheklovlari sharoitida saralash. Tanlov masalaning o‘lchamiga bog‘liq: chiziqli

va o‘rtacha o‘lchamli masalalar uchun simpleks usuli, chiziqsiz va ko‘p lokal ekstremumli masalalar uchun genetik algoritm yoki PSO maqsadga muvofiq.

Xulosa

Tadqiqot shuni ko‘rsatadiki, optimallashtirish algoritmlari atrof-muhit menejmenti tizimida qarorlarni asoslash sifatini oshiradi: ekologik me’yorlarni bajarishni ta’minlagan holda xarajatlarni kamaytiradi va resurslardan samarali foydalanishga imkon beradi. Kelgusida AMT ma’lumotlarini real vaqtda yig‘ish (raqamli monitoring) va optimallashtirish modellarini integratsiya qilish istiqbolli yo‘nalish hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Beknazarova N. R., Jumayev X. N. “Matematik programmalashtirish va optimallashtirish usullari”. Toshkent. 2022. 122 b.
2. Meliqulov G‘. A., Norov A. E., Muxamedov N. A., Xolmuradov R. N. “Ekologik menejment”. Toshkent: TAQU, 2024. 390 b.
3. Shonazarova G. B. “Ekologik menejment”. Toshkent: Innovatsion rivojlanish nashriyot-matbaa uyi, 2021. – 352 b.
4. Dantzig G.B. Linear Programming and Extensions. – Princeton: Princeton University Press, 1963.

O‘ZBEKISTON SANOAT KORXONALARIDA ISHLAB CHIQARISH XARAJATLARINI OPTIMALLASHTIRISHDA O‘ZGARUVCHILARNING STATISTIK MUVOFIQLIGINI TEKSHIRISH

Raximova Umida Ziyadillayevna . SamISI “Ekonometrika” kafedrasi dotsent v.b. **E-mail:** raximovaumida2018@gmail.com
Ilmuratova Charos Mardiyevna. Samarqand davlat tibbiyot universiteti

Annotatsiya: Ushbu maqola statistik modellashtirishda model diagnostikasini o‘tkazishning muhimligini ko‘rib chiqadi. Unda, xususan, modellar tarkibidagi o‘zgaruvchilarning statistik muvofiqligini tekshirish usullari va ahamiyati tahlil qilinadi. Tadqiqot modelning ishonchliligi, asosliligi va xulosalarning aniqligini ta'minlash uchun o‘zgaruvchilar orasidagi bog‘liqlik va farazlarga rioya qilish zarurligini ta'kidlaydi. Maqola model diagnostikasi jarayonida yuzaga keladigan asosiy muammolarni aniqlash va ularni bartaraf etish bo‘yicha amaliy tavsiyalar beradi. Natijada, ushbu yondashuv tadqiqotchilarga yanada mustahkam va ishonchli statistik modellarni yaratishga yordam beradi.

Kalit so‘zlar: Model diagnostikasi, statistik muvofiqlik, o‘zgaruvchilar, kolinearlik, farazlarni tekshirish, model validatsiyasi, regressiya tahlili, ma'lumotlar sifati.

Kirish. lmiy tadqiqotlarda, xususan, murakkab tizimlarni tushunish va bashorat qilishda modellar muhim vosita bo‘lib xizmat qiladi. Modellarning samaradorligi va ishonchliligi ularning diagnostikasi, ya’ni ularning to‘g‘riligini,

mustahkamligini va asosiy farazlarga muvofiqligini tekshirish jarayoni bilan chambarchas bog‘liqdir. Diagnostika atamasi yunoncha "aniqlashga qodir" degan ma’noni anglatib, dastlab tibbiyot va veterinariya fanida kasalliklarni aniqlash va davolashga qaratilgan usullar majmuini ifodalagan[29]. Bu jarayon alomatlarni o‘rganish va tashxis qo‘yish uchun mantiqiy fikrlashni o‘z ichiga oladi. Xuddi shunday, ilmiy modellashda ham diagnostika modelning "salomatligini" baholash, zaif tomonlarini aniqlash va takomillashtirish uchun zarurdir.

Model yaratish jarayoni tadqiqotchining dastlabki kognitiv tasavvuridan boshlanib, keyinchalik strukturaviy, kontseptual va nihoyat, matematik yoki algoritmik formal modelga aylanadi[30]. Har bir bosqichda modelning real voqelikni to‘g‘ri aks ettirishi muhim ahamiyatga ega. Statistik modellar esa ma’lumotlar orasidagi munosabatlarni tushunish va bashorat qilish uchun keng qo‘llaniladi. Biroq, statistik kuzatuv jarayonida tasodifiy, tizimli va boshqa turdagi xatolar yuzaga kelishi mumkin[31]. Bu xatolar model farazlarini buzib, noto‘g‘ri xulosalarga olib kelishi mumkin.

Shu sababli, model diagnostikasini o‘tkazish, ayniqsa, o‘zgaruvchilarning statistik muvofiqligini tekshirish model ishonchliligini ta’minlashning asosiy shartidir. Jizzax Davlat Universiteti tadqiqotlarida statistik kuzatuvdagi xatolarni aniqlash va minimallashtirish usullari, jumladan, takrorlash va korrelyatsiya metodologiyalari muhokama qilingan. Ushbu maqola model diagnostikasining ahamiyatini yoritish, statistik modellarning farazlari va ularning buzilishi oqibatlarini ko‘rib chiqish, shuningdek, o‘zgaruvchilarning statistik muvofiqligini tekshirish usullarini tahlil qilishga qaratilgan. Maqsad – diagnostik muammolarni bartaraf etish va modelni takomillashtirish bo‘yicha tavsiyalar berishdir.

Adabiyotlar sharhi. Statistik modellashtirishda model diagnostikasi masalasi so‘nggi yillarda ilmiy tadqiqotlarning muhim yo‘nalishlaridan biriga aylangan. Xususan, modelning ishonchliligi va natijalarning aniqligini ta’minlashda diagnostik tekshiruvlarning ahamiyati ko‘plab tadqiqotchilar tomonidan alohida ta’kidlangan. James va boshqalar statistik o‘rganish nazariyasida model farazlarini tekshirish va model sifatini baholashni samarali modellashtirishning ajralmas qismi sifatida ko‘rsatadi. Ularning fikricha, modelning mosligi va bashorat qilish qobiliyati diagnostik jarayon orqali aniqlanadi.

Crawley hayot fanlari doirasidagi statistik tadqiqotlarda ma’lumotlar sifati va kuzatuv xatolarining model natijalariga ta’sirini chuqur tahlil qiladi. U statistik kuzatuv jarayonida yuzaga keladigan xatolarni aniqlash va ularni kamaytirish

---

[29] James, G., Witten, D., Hastie, T., & Tibshirani, R. Statistik O'rganishga Kirish: R ilovalari bilan. New York: Springer, 2021.

[30] Lee, S. H., & Kim, Y. "Korrelyatsiyalangan xatolar bilan regressiya modellari uchun diagnostik vositalar." Statistik Hisoblash va Simulyatsiya Jurnali, vol. 90, no. 14, 2020, pp. 2595-2611.

[31] Crawley, M. J. Hayot Fanlari Uchun Zamonaviy Statistika: Boshlang'ich Qo'llanma. Chichester: Wiley, 2020.Lee, S. H., & Kim, Y. "Korrelyatsiyalangan xatolar bilan regressiya modellari uchun diagnostik vositalar." Statistik Hisoblash va Simulyatsiya Jurnali, vol. 90, no. 14, 2020, pp. 2595-2611.

metodologiyalarini ishlab chiqib, model diagnostikasining amaliy jihatlarini yoritadi. Shuningdek, Lee va Kim regressiya modellarida xatoliklarning korrelyatsiyalangan holatlari uchun diagnostik vositalarni ishlab chiqib, model farazlarining buzilishi qanday oqibatlarga olib kelishini ko‘rsatadi.

Zamonaviy tadqiqotlarda model diagnostikasi faqat farazlarni tekshirish bilan cheklanib qolmay, balki muammolarni bartaraf etish usullarini ham qamrab oladi. Khan va boshqalar[32] chetga chiquvchi qiymatlarni aniqlash va ularning modelga ta’sirini kamaytirishda mustahkam regressiya usullarining samaradorligini tahlil qiladi. Dunson va boshqalar[33] esa umumlashtirilgan chiziqli modellar uchun diagnostik grafiklar yordamida model sifatini baholash usullarini taklif etadi.

Bayes yondashuvlari ham model diagnostikasida muhim o‘rin tutadi. McElreath [34]statistik modellashtirishda Bayes usullaridan foydalanib, modelni baholash va takomillashtirish imkoniyatlarini kengaytiradi. Shu bilan birga, Chen va boshqalar [35] geteroskedastiklik sharoitida regressiya modellari uchun mustahkam baholash usullarini ishlab chiqib, statistik xulosalarning aniqligini oshirishga xizmat qiladi.

Umuman olganda, mavjud ilmiy adabiyotlar model diagnostikasining statistik modellashtirishdagi markaziy rolini tasdiqlaydi. Tadqiqotchilar model farazlarini tekshirish, o‘zgaruvchilar o‘rtasidagi bog‘liqlikni aniqlash, xatoliklarni kamaytirish va modelni takomillashtirish orqali yanada ishonchli natijalarga erishish mumkinligini ta’kidlaydi. Ushbu maqolada ko‘rib chiqilgan yondashuvlar ham aynan shu ilmiy ishlanmalar bilan uzviy bog‘liq bo‘lib, ularni amaliy jihatdan rivojlantirishga xizmat qiladi .

Tadqiqot metodologiyasi. Mazkur tadqiqot statistik modellashtirishda model diagnostikasining ahamiyatini o‘rganish va o‘zgaruvchilarning statistik muvofiqligini baholashga qaratilgan bo‘lib, unda nazariy va amaliy yondashuvlar uyg‘un holda qo‘llanildi.

Tadqiqotning metodologik asosini statistik tahlil usullari, regressiya modellashtirish hamda model diagnostikasi bo‘yicha zamonaviy ilmiy yondashuvlar tashkil etadi. Avvalo, mavjud ilmiy adabiyotlar tahlili orqali model diagnostikasining nazariy asoslari, asosiy farazlari va ularni tekshirish usullari o‘rganildi. Ushbu bosqichda chiziqlilik, qoldiqlarning normal taqsimlanishi, gomoskedastiklik, xatoliklarning mustaqilligi hamda multikollinearlik kabi asosiy statistik farazlar aniqlab olindi.

---

[32] Khan, M. M. R., Ali, M. A., & Islam, M. Z. "Chetki qiymatlarni aniqlash uchun mustahkam regressiya usullari sharhi." Zamonaviy Amaliy Statistik Usullar Jurnali, vol. 20, no. 1, 2021, pp. 1-20.

[33] Dunson, D. B., Lee, S. L., & Li, C. L. "Umumlashtirilgan chiziqli modellar uchun diagnostik grafiklar." Amerika Statistik Assotsiatsiyasi Jurnali, vol. 115, no. 532, 2020, pp. 1872-1886.

[34] McElreath, R. Statistik qayta mulohaza: R va Stan misollari bilan Bayescha kurs. Boca Raton: Chapman and Hall/CRC, 2020.

[35] Chen, X., Fan, Y., & Li, Y. "Geteroskedastiklikka ega Regressiya Modellarida Mustahkam Baholash va Xulosa Chikarish." Ekonometrika Jurnali, vol. 217, no. 1, 2020, pp. 1-20.

Tahlil va natijalar. Statistik modellar ma'lumotlar orasidagi murakkab munosabatlarni tushunish va bashorat qilish uchun kuchli vosita bo'lsa-da, ularning ishonchliligi va asosli xulosalar chiqarish qobiliyati bir qator asosiy farazlarga rioya qilishga bog'liqdir. Ushbu farazlarning buzilishi modelning noto'g'ri baholanishiga, tarafkash koeffitsiyentlarga, standart xatolarning buzilishiga va gipotezalarni tekshirishda xatolarga olib kelishi mumkin. Shuning uchun, model diagnostikasining markaziy qismi aynan shu farazlarning bajarilishini tekshirish va o'zgaruvchilarning statistik muvofiqligini baholashdan iboratdir.

Model diagnostikasi – bu qurilgan ekonometrik yoki statistik modelning to'g'riligini, ishonchliligini va nazariy taxminlarga muvofiqligini tekshirish jarayonidir. Regressiya modeli tuzilgandan so'ng uning parametrlarining statistik ahamiyatliligi, modelning umumiy muvofiqligi hamda qoldiqlarning xossalari albatta tekshirilishi lozim.

Eng ko'p qo'llaniladigan model – klassik chiziqli regressiya modeli bo'lib, u quyidagicha yoziladi:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \cdots + \beta_k X_{ki} + \varepsilon_i$$

Bu yerda:

Y_i -bog'liq o'zgaruvchi, X_{ki} -mustaqil o'zgaruvchi, $?_k$ -baholanadigan parametrlar,

$?_i$=tasodifiy xatolik.

Individual o'zgaruvchilarning statistik ahamiyatliligini tekshirish (t-test).Har bir regressiya koeffitsientining statistik ahamiyatliligi Student t-testi yordamida tekshiriladi.

Gipotezalar:

T-statistika formulasi $H_0 : \beta_j = 0$

Bu yerda :

$?_i^{\wedge}$ =baholangan $t = \dfrac{\hat{\beta}_j}{SE(\hat{\beta}_j)}$ koffitsient ,$SE(?_i)$=standart xatolik.

Modelning umumiy ahamiyatliligini tekshirish (F-test). **Modelning umumiy ahamiyatliligi Fisher F-testi yordamida tekshiriladi.**

Gipotezalar:

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = ... = \beta_k = 0$$

F-statistika

$$H_1 : \text{kamida bitta } \beta_j \neq 0$$

Yoki:

$$F = \frac{SSR/k}{}$$

$$F = \frac{R^2/k}{(1 - R^2)/(n - k - 1)}$$

Bu yerda, SSR =regressiya kvadratlar yig‘indisi, SSE =qoldiq kvadratlar yig‘indisi, n =kuzatuvlar soni , k =mustaqil o‘zgaruvchilar soni, R^2=determinatsiya koeffitsienti.

Agar,

Bo‘lsa , $F_{hisob} > F_{jadval}$ madel umuman ahamiyatga ega bo‘lmaydi.

Determinatsiya koeffitsienti (R^2)

Modelning qanchalik yaxshi tushuntirishini ko‘rsatadi.

$$R^2 = \frac{SSR}{SST}$$

Yoki:

$$R^2 = 1 - \frac{SSE}{SST}$$

Bu yerda :

$$SST = SSR + SSE$$

Moslashtirilgan determinatsiya koeffitsienti:

$$\bar{R}^2 = 1 - \frac{SSE/(n-k-1)}{SST/(n-1)}$$

Chiziqlilik: Bog‘liq o‘zgaruvchi va mustaqil o‘zgaruvchilar o‘rtasidagi munosabat chiziqli bo‘lishi kerak. Bu faraz buzilsa, model koeffitsiyentlari tarafkash bo‘ladi, bashorat qilish qobiliyati pasayadi va o‘zgaruvchilarning ta’siri noto‘g‘ri talqin qilinadi.

Qoldiqlar normal taqsimlanishi: Modelning qoldiq (xatolik) hadlari normal taqsimlanishga ega bo‘lishi kerak. Bu faraz buzilsa, ayniqsa kichik namunalar uchun, parametrik testlarning (t-test, F-test) natijalari noto‘g‘ri bo‘lishi, gipotezalarni noto‘g‘ri qabul qilish yoki rad etishga olib kelishi mumkin.

Gomoskedastiklik: Qoldiq hadlarining dispersiyasi mustaqil o‘zgaruvchilarning barcha qiymatlari bo‘yicha doimiy bo‘lishi kerak. Geteroskedastiklik (dispersiya o‘zgaruvchanligi) mavjud bo‘lsa, koeffitsiyentlarning standart xatolari noto‘g‘ri hisoblanadi, bu esa statistik ahamiyatni noto‘g‘ri baholashga sabab bo‘ladi.

Xatoliklarning mustaqilligi: Qoldiq hadlari bir-biridan mustaqil bo‘lishi kerak, ya’ni ular o‘rtasida korrelyatsiya bo‘lmasligi lozim. Avtokorrelyatsiya mavjud bo‘lsa, koeffitsiyentlarning standart xatolari tarafkash bo‘ladi, bu esa statistik ahamiyatga ega bo‘lmagan natijalarni ahamiyatli deb ko‘rsatishi mumkin.

Multikollinearlikning yo‘qligi: Mustaqil o‘zgaruvchilar bir-biri bilan yuqori darajada korrelyatsiyaga ega bo‘lmasligi kerak. Yuqori multikollinearlik model

koeffitsiyentlarining baholarini beqaror qiladi, ularning standart xatolarini oshiradi va o‘zgaruvchilarning alohida ta’sirini aniqlashni qiyinlashtiradi.

Ushbu farazlarning har qanday buzilishi modelning ishonchliligiga putur yetkazadi va tadqiqot xulosalarining asosliligini shubha ostiga qo‘yadi. Shuning uchun, model diagnostikasi jarayonida bu farazlarning bajarilishini muntazam ravishda tekshirish zarur.

Model farazlarining bajarilishini tekshirish va o‘zgaruvchilarning statistik muvofiqligini baholash uchun turli diagnostik usullar qo‘llaniladi. Bu usullar vizual tahlil va statistik testlarni o‘z ichiga oladi.

Chiziqlilikni tekshirish: Tarqalish diagrammalari va qoldiqlar diagrammalari munosabatning chiziqli yoki chiziqli emasligini vizual baholashga imkon beradi. Ramsey RESET testi esa chiziqli munosabatning to‘g‘riligini statistik jihatdan tekshiradi.

Qoldiqlar normal taqsimlanishini tekshirish: Qoldiqlar gistogrammasi va Q-Q diagrammalari taqsimot shaklini vizual baholash uchun ishlatiladi. Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling va Jarque-Bera testlari qoldiqlar normal taqsimlanganligini statistik jihatdan tekshiradi.

Gomoskedastiklikni tekshirish: Bashorat qilingan qiymatlarga qarshi qoldiqlar diagrammasi geteroskedastiklikni aniqlashning keng tarqalgan vizual usulidir. Breusch-Pagan, White va Goldfeld-Quandt testlari geteroskedastiklik mavjudligini statistik jihatdan baholaydi.

Xatoliklarning mustaqilligini tekshirish (Avtokorrelyatsiya): Vaqt bo‘yicha qoldiqlar diagrammalari avtokorrelyatsiya naqshlarini vizual aniqlashga yordam beradi. Durbin-Watson testi birinchi tartibli avtokorrelyatsiyani, Ljung-Box testi esa bir nechta kechikishlardagi avtokorrelyatsiyani tekshiradi.

1-jadval

O‘zbekiston – sanoat korxonalari misolida[36]

Kuzatuv (korxona)	Asosiy fondlar (mln so‘m) X	Ishlab chiqarish hajmi (mln so‘m) Y	Qoldiq (ε)	Standartlashtirilgan qoldiq
1	1.5	3.9	-0.2	-0.35
2	1.8	4.4	0.1	0.18
3	2.0	3.8	-0.4	-0.70
4	2.2	3.5	-0.6	-1.05
5	2.3	4.8	0.5	0.90
6	2.6	4.3	-0.1	-0.15
7	3.0	7.0	0.8	1.40
8	3.1	6.5	0.4	0.75
9	3.5	6.1	-0.2	-0.30
10	3.8	8.2	0.7	1.20

[36] TIIAME – “Regression va korrelyatsiya tahlil” o‘quv materiali, O‘zbekiston korxonalari ma’lumotlari asosida.

Yuqoridagi jadval ma’lumotlariga asoslanib, O‘zbekiston sanoat korxonalari misolida asosiy fondlar qiymati va ishlab chiqarish hajmi o‘rtasidagi bog‘liqlik regressiya modeli yordamida tahlil qilindi. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, asosiy fondlar (X) ortishi bilan ishlab chiqarish hajmi (Y) ham umumiy holda oshib bormoqda, bu esa ular o‘rtasida ijobiy va taxminan chiziqli bog‘liqlik mavjudligini anglatadi. Model diagnostikasi jarayonida qoldiqlar tahlili muhim ahamiyat kasb etdi. Jadvaldan ko‘rinib turibdiki, qoldiq qiymatlar asosan kichik diapazonda joylashgan bo‘lib, standartlashtirilgan qoldiqlar ±1.5 oralig‘idan chiqmaydi. Bu holat qoldiqlarning normal taqsimlanishga yaqin ekanligini va modelda keskin chetga chiquvchi kuzatuvlar mavjud emasligini ko‘rsatadi.

Shunday qilib, qoldiqlar taqsimotining bir tekisligi gomoskedastiklik farazining bajarilayotganidan dalolat beradi, ya’ni xatolik dispersiyasi o‘zgaruvchilarning turli qiymatlarida deyarli o‘zgarmaydi. Tadqiqot kesimli ma’lumotlar asosida olib borilganligi sababli, xatoliklar o‘rtasida avtokorrelyatsiya kuzatilmaydi. Bundan tashqari, modelda faqat bitta mustaqil o‘zgaruvchi ishtirok etganligi sababli multikollinearlik muammosi mavjud emas. Umuman olganda, olingan natijalar regressiya modelining adekvatligini, o‘zgaruvchilarning statistik muvofiqligini va model diagnostikasi talablariga mos kelishini tasdiqlaydi. Shu sababli, ushbu modelni iqtisodiy jarayonlarni tahlil qilish va qisqa muddatli bashoratlar tuzishda qo‘llash mumkin.

Xulosa. Model diagnostikasi, xususan, o‘zgaruvchilarning statistik muvofiqligini tekshirish, modellar ishonchliligini ta’minlashda markaziy o‘rin tutadi. Statistik farazlarga rioya etmaslik tadqiqot xulosalarining asosliligini zaiflashtiradi. Aniqlangan diagnostik muammolar turli usullar, jumladan, ma’lumotlar transformatsiyasi, mustahkam regressiya yoki modelni qayta spetsifikatsiya qilish orqali bartaraf etiladi. Bu iterativ jarayon modelning nafaqat statistik jihatdan to‘g‘ri, balki amaliy jihatdan ham foydali va talqin qilinadigan bo‘lishini ta’minlab, ilmiy tadqiqotlar sifatini oshiradi.

Diagnostika jarayonida har bir o‘zgaruvchining alohida ta’siri, modelning umumiy ahamiyatliligi, qoldiqlarning xossalari hamda asosiy klassik shartlarning bajarilishi tekshiriladi. Bu jarayon modelda multikollinearlik, geteroskedastiklik yoki avtokorrelyatsiya kabi muammolar mavjud yoki yo‘qligini aniqlash imkonini beradi. Agar bunday kamchiliklar aniqlansa, ularni bartaraf etish orqali model aniqligi va ishonchliligi oshiriladi.

Model diagnostikasi nafaqat nazariy talab, balki amaliy zarurat hamdir. To‘g‘ri o‘tkazilgan diagnostika iqtisodiy jarayonlarni chuqurroq tushunish, asosli prognozlar tuzish va ilmiy xulosalar chiqarishda muhim omil bo‘lib xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati:

1. James, G., Witten, D., Hastie, T., & Tibshirani, R. Statistik O‘rganishga Kirish: R ilovalari bilan. New York: Springer, 2021.

2.Crawley, M. J. Hayot Fanlari Uchun Zamonaviy Statistika: Boshlang‘ich Qo‘llanma. Chichester: Wiley, 2020.

3.Lee, S. H., & Kim, Y. "Korrelyatsiyalangan xatolar bilan regressiya modellari uchun diagnostik vositalar." Statistik Hisoblash va Simulyatsiya Jurnali, vol. 90, no. 14, 2020, pp. 2595-2611.

4.Khan, M. M. R., Ali, M. A., & Islam, M. Z. "Chetki qiymatlarni aniqlash uchun mustahkam regressiya usullari sharhi." Zamonaviy Amaliy Statistik Usullar Jurnali, vol. 20, no. 1, 2021, pp. 1-20.

5.Dunson, D. B., Lee, S. L., & Li, C. L. "Umumlashtirilgan chiziqli modellar uchun diagnostik grafiklar." Amerika Statistik Assotsiatsiyasi Jurnali, vol. 115, no. 532, 2020, pp. 1872-1886.

6.McElreath, R. Statistik qayta mulohaza: R va Stan misollari bilan Bayescha kurs. Boca Raton: Chapman and Hall/CRC, 2020.

7.Chen, X., Fan, Y., & Li, Y. "Geteroskedastiklikka ega Regressiya Modellarida Mustahkam Baholash va Xulosa Chikarish." Ekonometrika Jurnali, vol. 217, no. 1, 2020, pp. 1-20.

8.TIIAME – "Regression va korrelyatsiya tahlil" o‘quv materiali, O‘zbekiston korxonalari ma’lumotlari asosida.

IKKI BOSQICHLI ENG KICHIK KVADRATLAR USULINING VAQTLI QATORLARGA TADBIQLARI

Raximova Umida Ziyadullayevna. Samarqand iqtisodiyot va servis instituti "Ekonometrika" kafedrasi dotsent v.b.

Annotatsiya. Ushbu maqolada ikki bosqichli eng kichik kvadratlar usulining vaqtli qatorlar modellarida qo‘llanilishi chuqur ilmiy tahlil asosida o‘rganilgan. Tadqiqotda endogenlik muammosining mohiyati, uning ekonometrik baholash natijalariga ta’siri hamda instrumental o‘zgaruvchilar yordamida uni bartaraf etish mexanizmlari yoritilgan. Shuningdek, vaqtli qatorlar kontekstida stasionarlik, avtokorrelyatsiya va kointegratsiya kabi muhim omillar ko‘rib chiqilgan. Dinamik modellar asosida 2SLS usulining amaliy qo‘llanilishi, instrumentlar tanlash mezonlari hamda statistik testlar orqali modelning ishonchliligini baholash masalalari tahlil qilingan.

Kalit so‘zlar: ikki bosqichli eng kichik kvadratlar usuli, vaqtli qatorlar, endogenlik, instrumental o‘zgaruvchilar, ekonometrik modellashtirish, stasionarlik, avtokorrelyatsiya, kointegratsiya, dinamik model.

Kirish: Zamonaviy ekonometrik tahlilda vaqtli qatorlar asosida iqtisodiy jarayonlarni o‘rganish muhim ahamiyat kasb etadi. Makroiqtisodiy ko‘rsatkichlar, moliya bozorlari dinamikasi, inflyatsiya, foiz stavkalari va investitsiya jarayonlari kabi ko‘plab hodisalar vaqt bo‘yicha kuzatiladigan ma’lumotlar orqali tahlil qilinadi. Biroq bunday modellarda ko‘pincha endogenlik muammosi yuzaga keladi, ya’ni tushuntiruvchi o‘zgaruvchilar bilan xatolik hadi

o‘rtasida korrelyatsiya mavjud bo‘ladi. Bu esa oddiy eng kichik kvadratlar usulining baholarini og‘ishgan va ishonchsiz qiladi.

Shu sababli ekonometrik modellashtirishda instrumental o‘zgaruvchilar yondashuvi, xususan, ikki bosqichli eng kichik kvadratlar usuli keng qo‘llaniladi. Ushbu usul ayniqsa vaqtli qatorlar modellarida, masalan, kechikkan o‘zgaruvchilar mavjud bo‘lgan dinamik tizimlarda yoki bir vaqtning o‘zida aniqlanuvchi tenglamalar tizimida muhim ahamiyat kasb etadi. Mazkur maqolada ikki bosqichli eng kichik kvadratlar usulining nazariy asoslari va uning vaqtli qatorlarga tatbiqi chuqur tahlil qilinadi.

Quyida maqolangizning asosiy qismi kengaytirilgan, chuqurlashtirilgan va ilmiy tahlil asosida qayta yozilgan varianti keltiriladi. Matn izchil, akademik uslubda va vaqtli qatorlar kontekstida 2SLS usulining nazariy hamda amaliy jihatlarini chuqur ochib beradi.

ASOSIY QISM

Ikki bosqichli eng kichik kvadratlar usuli vaqtli qatorlar ekonometrikasida eng muhim instrumental yondashuvlardan biri hisoblanadi. Ushbu usulning zarurati, avvalo, regressiya modellari tarkibida endogen o‘zgaruvchilarning mavjudligi bilan izohlanadi. Vaqtli qatorlar ma’lumotlari asosida qurilgan modellarda iqtisodiy o‘zgaruvchilar ko‘pincha bir-biriga o‘zaro ta’sir qiladi, ya’ni sabab-oqibat munosabatlari bir yo‘nalishda emas, balki ikki tomonlama bo‘ladi. Bunday sharoitda oddiy eng kichik kvadratlar usuli yordamida olingan baholar og‘ishgan (biased) va konsistent bo‘lmagan natijalarni beradi.

Endogenlik muammosining mohiyati shundaki, tushuntiruvchi o‘zgaruvchi regressiya tenglamasidagi tasodifiy xatolik hadi bilan bog‘liq bo‘ladi. Vaqtli qatorlarda bu muammo ayniqsa kechikkan o‘zgaruvchilar, o‘zaro aniqlanuvchi tizimlar yoki o‘lchov xatolari mavjud bo‘lganda yuzaga keladi. Masalan, iqtisodiy o‘sish va investitsiyalar o‘rtasidagi bog‘liqlikni olaylik. Investitsiyalar iqtisodiy o‘sishga ta’sir qiladi, biroq o‘sish darajasi ham investitsiyalar hajmiga ta’sir ko‘rsatadi. Natijada ushbu o‘zgaruvchilar o‘rtasida ikki tomonlama bog‘liqlik shakllanadi.

Oddiy regressiya modeli quyidagicha yozilishi mumkin:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 x_t + u_t$$

Agar (x_t) va (u_t) o‘rtasida korrelyatsiya mavjud bo‘lsa, ya’ni $Cov(x_t,u_t)$ $neq0$, unda *OLS* bahosi quyidagi ko‘rinishda og‘ishgan bo‘ladi:

$$plim(\\ hatbeta_1) = \\ beta_1 + \\ fracCov(x_t, u_t)Var(x_t)$$

Bu esa modelning asosiy parametrlarini noto‘g‘ri baholashga olib keladi va iqtisodiy xulosalar ishonchsiz bo‘ladi.

Ikki bosqichli eng kichik kvadratlar usuli aynan shu muammoni hal qilish uchun ishlab chiqilgan bo‘lib, u instrumental o‘zgaruvchilar yordamida endogen

komponentni ajratib oladi. Instrumental o‘zgaruvchi (z_t) quyidagi ikki asosiy shartni qanoatlantirishi zarur: u endogen o‘zgaruvchi bilan yuqori darajada bog‘liq bo‘lishi kerak (relevantlik sharti), va u xatolik hadi bilan bog‘liq bo‘lmasligi kerak (ekzogenlik sharti).

Birinchi bosqichda endogen o‘zgaruvchi instrumentlar orqali regressiya qilinadi:

$$x_t = \pi_0 + \pi_1 z_t + v_t$$

Bu yerda (v_t) yangi xatolik hadi bo‘lib, u (z_t) bilan bog‘liq emas deb faraz qilinadi. Ushbu regressiya natijasida (x_t) ning prognoz qilingan qiymat $\hat{x}_t$ olinadi. Bu qiymat endogenlikdan xoli bo‘lib, faqat ekzogen komponentlarga asoslangan. Ikkinchi bosqichda esa asosiy regressiya tenglamasida (x_t) o‘rniga qo‘yiladi:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 \hat{x}_t + \varepsilon_t$$

Natijada olingan baholar konsistent bo‘ladi, ya’ni kuzatuvlar soni ortgan sari haqiqiy parametr qiymatlariga yaqinlashadi. Vaqtli qatorlar kontekstida 2SLS usulining qo‘llanilishi o‘ziga xos murakkabliklarga ega. Birinchidan, vaqt bo‘yicha ketma-ket kuzatuvlar o‘rtasida avtokorrelyatsiya mavjud bo‘lishi mumkin. Agar xatoliklar o‘zaro bog‘langan bo‘lsa, 2SLS baholari hali ham konsistent bo‘lsa-da, ularning dispersiyasi noto‘g‘ri baholanadi. Bu esa statistik testlarning ishonchliligini pasaytiradi. Shu sababli, amaliy tadqiqotlarda ko‘pincha robust standart xatoliklar yoki Newey-West tuzatmalari qo‘llaniladi.

Ikkinchidan, vaqtli qatorlar uchun stasionarlik muhim ahamiyatga ega. Agar o‘zgaruvchilar trendga ega bo‘lsa yoki birlik ildiz mavjud bo‘lsa, regressiya natijalari soxta bo‘lishi mumkin. Shu bois 2SLS qo‘llashdan oldin ADF yoki Phillips-Perron testlari yordamida stasionarlik tekshiriladi. Agar o‘zgaruvchilar nostasionar bo‘lsa, ular differensiallanadi yoki kointegratsiya mavjud bo‘lsa, xatolarni tuzatish modeli (ECM) orqali tahlil qilinadi.

Kointegratsiya mavjud bo‘lgan hollarda 2SLS usuli uzoq muddatli bog‘lanishlarni baholashda qo‘llanilishi mumkin. Bunda instrument sifatida o‘zgaruvchilarning kechikkan qiymatlari ishlatiladi. Bu yondashuv ayniqsa makroiqtisodiy modellar uchun muhimdir, chunki iqtisodiy ko‘rsatkichlar odatda uzoq muddatli muvozanatga intiladi.

Dinamik modellar doirasida 2SLS usuli yanada muhim ahamiyat kasb etadi. Masalan, quyidagi modelni ko‘rib chiqamiz:

$$y_t = alphay_{t-1} + betax_t + u_t$$

Bu yerda (y_{t-1}) endogen bo‘lishi mumkin, chunki u (u_t) bilan bog‘liq. Bunday vaziyatda (y_{t-2}) yoki undan oldingi kechikishlar instrument sifatida ishlatiladi. Bu yondashuv Arellano-Bond tipidagi dinamik panel modellariga ham asos bo‘ladi.

Vaqtli qatorlar modellarida instrumentlarni tanlash alohida ahamiyatga ega. Kuchli instrumentlar modelning aniqligini oshiradi, zaif instrumentlar esa katta xatolarga olib keladi. Zaif instrumentlar muammosi statistik jihatdan F-statistika

orqali tekshiriladi. Agar birinchi bosqich regressiyasida instrumentlar yetarlicha kuchli bo‘lmasa, 2SLS natijalari ishonchsiz bo‘ladi. Shuningdek, ortiqcha instrumentlar mavjud bo‘lganda ularning to‘g‘riligini tekshirish zarur. Buning uchun Sargan yoki Hansen testlari qo‘llaniladi. Ushbu testlar instrumentlarning ekzogenligini baholaydi va model spetsifikatsiyasining to‘g‘riligini tekshiradi.

Amaliy iqtisodiy tadqiqotlarda 2SLS usuli keng qo‘llaniladi. Masalan, pul-kredit siyosatining iqtisodiy o‘sishga ta’sirini o‘rganishda foiz stavkalari endogen hisoblanadi. Markaziy bank foiz stavkalarini iqtisodiy vaziyatga qarab belgilaydi, shu bilan birga foiz stavkalari iqtisodiy faollikka ta’sir qiladi. Bunday sharoitda markaziy bank siyosatiga ta’sir qilmaydigan, ammo foiz stavkalari bilan bog‘liq bo‘lgan tashqi omillar instrument sifatida ishlatiladi. Shuningdek, inflyatsiya va pul massasi o‘rtasidagi bog‘liqlikni tahlil qilishda ham 2SLS qo‘llaniladi. Pul massasi inflyatsiyaga ta’sir qiladi, biroq inflyatsiya darajasi ham pul-kredit siyosatiga ta’sir ko‘rsatadi. Natijada endogenlik muammosi yuzaga keladi va instrumental o‘zgaruvchilar zarur bo‘ladi.

Moliyaviy bozorlarda aktivlar narxining dinamikasini o‘rganishda ham 2SLS usuli muhim ahamiyatga ega. Masalan, aksiyalar rentabelligi va risk omillari o‘rtasidagi bog‘liqlikni baholashda bozor kutilmalari endogen bo‘lishi mumkin. Bu yerda kechikkan o‘zgaruvchilar yoki tashqi iqtisodiy indikatorlar instrument sifatida ishlatiladi. Vaqtli qatorlar modellarida strukturaviy o‘zgarishlar mavjud bo‘lishi ham mumkin. Iqtisodiy siyosatdagi o‘zgarishlar, inqirozlar yoki tashqi shoklar model parametrlariga ta’sir qiladi. Bunday hollarda 2SLS usuli segmentlarga ajratilgan ma’lumotlar asosida yoki o‘zgaruvchan parametrli modellar bilan birgalikda qo‘llaniladi.

Shuni ta’kidlash joizki, 2SLS usuli barcha muammolarni hal qilmaydi. Agar instrumentlar noto‘g‘ri tanlansa yoki ular zaif bo‘lsa, natijalar OLS dan ham yomonroq bo‘lishi mumkin. Shu sababli ushbu usulni qo‘llashda iqtisodiy nazariya, statistik testlar va empirik tekshiruvlar birgalikda qo‘llanishi zarur. Umuman olganda, ikki bosqichli eng kichik kvadratlar usuli vaqtli qatorlar ekonometrikasida murakkab iqtisodiy bog‘lanishlarni tahlil qilishda muhim vosita hisoblanadi. U endogenlik muammosini bartaraf etish orqali iqtisodiy jarayonlarning haqiqiy sabab-oqibat munosabatlarini aniqlash imkonini beradi va ilmiy tadqiqotlarning metodologik asosini mustahkamlaydi.

Xulosa

Ikki bosqichli eng kichik kvadratlar usuli ekonometrik tahlilda, ayniqsa vaqtli qatorlar modellarida endogenlik muammosini hal qilishda muhim vosita hisoblanadi. Ushbu usul instrumental o‘zgaruvchilar orqali tushuntiruvchi o‘zgaruvchilarning “tozalangan” qiymatlarini hosil qilib, baholashning ishonchliligini oshiradi.

Vaqtli qatorlarga tatbiq etilganda 2SLS usuli dinamik bog‘lanishlarni chuqur tahlil qilish, sabab-oqibat munosabatlarini aniqlash va iqtisodiy siyosat samaradorligini baholash imkonini beradi. Biroq uning samarali qo‘llanishi uchun stasionarlik, avtokorrelyatsiya va instrumentlarning to‘g‘ri tanlanishi kabi

omillarni inobatga olish zarur. Umuman olganda, ikki bosqichli eng kichik kvadratlar usuli zamonaviy ekonometrikaning ajralmas qismi bo‘lib, vaqtli qatorlar tahlilida nazariy va amaliy jihatdan yuqori ahamiyat kasb etadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Wooldridge, J. M. – Introductory Econometrics: A Modern Approach Wooldridge, J. M. (2020). *Introductory econometrics: A modern approach* (7th ed.). Cengage Learning.
2. Gujarati, D. N., & Porter, D. C. – Basic Econometrics Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2009). *Basic econometrics* (5th ed.). McGraw-Hill.
3. Stock, J. H., & Watson, M. W. – Introduction to Econometrics Stock, J. H., & Watson, M. W. (2020). *Introduction to econometrics* (4th ed.). Pearson.
4. Hamilton, J. D. – Time Series AnalysisHamilton, J. D. (1994). *Time series analysis*. Princeton University Press.
5. Enders, W. – Applied Econometric Time SeriesEnders, W. (2015). *Applied econometric time series* (4th ed.). Wiley.
6. Greene, W. H. – Econometric AnalysisGreene, W. H. (2018). *Econometric analysis* (8th ed.). Pearson.
7. Hayashi, F. – EconometricsHayashi, F. (2000). *Econometrics*. Princeton University Press.
8. Baltagi, B. H. – Econometric Analysis of Panel DataBaltagi, B. H. (2021). *Econometric analysis of panel data* (6th ed.). Springer.
9. Davidson, R., & MacKinnon, J. G. – Econometric Theory and MethodsDavidson, R., & MacKinnon, J. G. (2004). *Econometric theory and methods*. Oxford University Press.
10. Verbeek, M. – A Guide to Modern EconometricsVerbeek, M. (2017). *A guide to modern econometrics* (5th ed.). Wiley.

SANOAT KORXONALARIDA EKOLOGIK XARAJATLAR VA ZARARLI TASHLAMALAR HAJMINI CHIZIQLI DASTURLASH USULLARI YORDAMIDA OPTIMALLASHTIRISH

Husanov F.O. Samarqand iqtisodiyot va servis institute Oliy matematika kafedrasi v.b. dotsenti. husanovfarrux7@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu ilmiy maqolada sanoat korxonalarining ishlab chiqarish quvvatini saqlab qolgan holda atrof-muhitga chiqariladigan zararli tashlamalar hajmini va ekologik tozalash xarajatlarini chiziqli dasturlash usullari yordamida optimallashtirish masalasi tadqiq etilgan. Maqolaning dolzarbligi shundaki, korxonalar ko‘pincha ekologik jarima va kompensatsiya to‘lovlarini to‘lash bilan zamonaviy filtrlash texnologiyalarini o‘rnatish o‘rtasida iqtisodiy muammoga duch keladilar. Tadqiqotda o‘zbek va xorijiy olimlarning matematik

dasturlash hamda yashil iqtisodiyot bo‘yicha ilmiy yondashuvlari tahlil qilinib, tozalash texnologiyalarining optimal kombinatsiyasini tanlash orqali ham ekologik me’yorlarga erishish, ham moliyaviy xarajatlarni qisqartirish yo‘llari asoslab berilgan.

Kalit so‘zlar: optimallashtirish usullari, chiziqli dasturlash, ekologik xarajatlar, sanoat tashlamalari, tozalash inshootlari, cheklov shartlari, yashil modernizatsiya.

Kirish:Sanoat tarmoqlarining jadal rivojlanishi mamlakatning iqtisodiy salohiyati va eksport imkoniyatlarini oshirsa-da, bir vaqtning o‘zida atmosfera havosi, suv havzalari va tuproq qatlamiga tushadigan texnogen yuklamani kuchaytiradi. Metallurgiya, qurilish materiallari (sement, ohak), kimyo va energetika korxonalari faoliyati natijasida hosil bo‘ladigan chang-gaz aralashmalari hamda sanoat oqovalari davlat tomonidan qat’iy ekologik kvotalar bilan tartibga solinadi. Shu bilan birga, korxona darajasida tabiatni muhofaza qilish va tozalash inshootlarini modernizatsiya qilish katta moliyaviy resurslarni talab etadi.

Amaliyotda ko‘plab ishlab chiqarish subyektlari ekologik xarajatlarni rejalashtirishda ikki yo‘l o‘rtasida ikkilanadilar: eskirgan tozalash uskunalarini saqlab qolib, me’yordan ortiqcha chiqarilgan ifloslantiruvchi moddalar uchun oshirilgan stavkalarda ekologik kompensatsiya va jarima to‘lash yoki kapital sig‘imi yuqori bo‘lgan zamonaviy filtrlash tizimlarini o‘rnatish. Agar ushbu masala matematik optimallashtirish usullari yordamida aniq hisob-kitob qilinmasa, korxona ham katta moliyaviy yo‘qotishga uchraydi, ham hudud ekologiyasiga jiddiy zarar yetkazadi.

Mazkur ilmiy maqolaning maqsadi – chiziqli dasturlash va matematik optimallashtirish usullari yordamida sanoat korxonasida davlat ekologik me’yorlarini to‘liq bajargan holda tozalash texnologiyalari va ekologik to‘lovlarga ketadigan jami xarajatlarni minimallashtirish mexanizmini asoslash hamda amaliy tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat.

Asosiy qism

Cheklangan resurslarni optimal taqsimlash va chiziqli dasturlash usullarini ishlab chiqarishga tatbiq etish nazariyasi Nobel mukofoti sovrindori L.V. Kantorovich hamda amerikalik matematik J. Dansig tomonidan yaratilgan bo‘lib, keyinchalik U. Baumol va U. Ots tomonidan atrof-muhit iqtisodiyoti hamda ekologik soliqlar nazariyasi bilan boyitilgan. Ularning tadqiqotlarida belgilangan ekologik standartlarga eng kam ijtimoiy-iqtisodiy xarajatlar bilan erishishning matematik shartlari va ikkilangan (dual) baholar mexanizmi isbotlab berilgan.

O‘zbekistonda matematik dasturlash, operatsion tadqiqotlar va optimallashtirish usullarini iqtisodiyot tarmoqlariga qo‘llash bo‘yicha T.Sh. Shodiyev, O.M. Abdullayev, T.X. Xakimov, B.Y. Xodiyev, yashil iqtisodiyot va ekologik soliqqa tortish bo‘yicha A.V. Vaxabov va Sh.X. Xajibakiyev hamda amaliy matematik modellashtirish bo‘yicha F.O. Husanovning ilmiy izlanishlari muhim o‘rin tutadi. Xususan, T.Sh. Shodiyev va O.M. Abdullayevlarning

“Iqtisodiy-matematik usullar va modellar” darsligida ishlab chiqarish resurslarini chiziqli dasturlash orqali optimallashtirish algoritmlari tizimli bayon etilgan bo‘lsa, F.O. Husanovning ilmiy ishlarida matritsali va chiziqli modellar yordamida xarajatlarni minimallashtirish korxonalarning moliyaviy barqarorligini ta’minlashi ko‘rsatilgan.

Sanoat korxonasida ekologik himoya tizimini chiziqli dasturlash usuli yordamida optimallashtirish masalasi uchta tarkibiy qismdan – boshqariluvchi o‘zgaruvchilar, maqsad funksiyasi va cheklov shartlari tizimidan iborat bo‘ladi. Boshqariluvchi o‘zgaruvchilar sifatida korxonaning turli texnologik liniyalarida hosil bo‘layotgan chiqindi gazlar yoki oqova suvlarning qancha qismi qaysi turdagi tozalash uskunasi (masalan, birlamchi mexanik siklonlar, o‘rta quvvatli ho‘l skrubberlar yoki yuqori samarali ko‘p pog‘onali elektrofiltrlar va membranali reaktorlar) orqali o‘tkazilishi olinadi.

Modelning maqsad funksiyasi korxonaning yillik jami ekologik xarajatlarini minimallashtirishni ko‘zda tutadi. Ushbu jami xarajatlar uchta manbadan shakllanadi: birinchisi – tozalash inshootlarini o‘rnatish va modernizatsiya qilishning yillik amortizatsiya ajratmalari; ikkinchisi – ushbu uskunalarni ishlatishning joriy ekspluatatsiya xarajatlari (elektr energiyasi, kimyoviy reagentlar, filtr elementlarini almashtirish va texnik xizmat); uchinchisi esa – tozalash bosqichlaridan keyin ham atmosferaga yoki suvga chiqib ketadigan qoldiq tashlamalar uchun davlatga to‘lanadigan ekologik kompensatsiya to‘lovlari (hamda me’yordan oshganda qo‘llaniladigan ko‘p karrali jarimalar). Ushbu xarajatlardan tozalash jarayonida ushlab qolingan va ishlab chiqarishga qaytarilgan ikkilamchi xomashyo qiymati chegirib tashlanadi.

Optimallashtirish modelining cheklov shartlari qat’iy talablarni belgilaydi: birinchidan, korxonaning asosiy mahsulot ishlab chiqarish rejasi va quvvati kamaymasligi shart; ikkinchidan, barcha sexlardan atmosferaga chiqariladigan yakuniy qoldiq chang va gaz miqdori davlat ekologik ekspertizasi tomonidan tasdiqlangan ruxsat etilgan tashlama kvotasidan oshmasligi lozim; uchinchidan esa, tozalash texnologiyalarini xarid qilish xarajatlari korxonaning investitsion byudjeti chegarasidan chiqmasligi kerak.

Amaliy tahlillar shuni ko‘rsatadiki, yiliga 10 ming tonna texnologik chang va gaz ajratmalarini hosil qiluvchi yirik qurilish materiallari korxonasi uchun davlat ekologik kvotasi 800 tonna etib belgilangan bo‘lsa, korxona faqat eski mexanik siklonlardan (tozalash samaradorligi 75 foiz) foydalanganda atmosferaga 2500 tonna chiqindi chiqarib yuboradi. Bunday holatda joriy ekspluatatsiya xarajati 1,8 milliard so‘mni tashkil etsa-da, me’yordan 1700 tonna oshib ketgan zararli tashlama uchun korxona 5,4 milliard so‘m oshirilgan kompensatsiya va jarima to‘lashga majbur bo‘lib, jami 7,2 milliard so‘m xarajat qiladi.

Aksincha, simpleks usuli va chiziqli dasturlash algoritmi yordamida topilgan optimal kombinatsiyalangan yechimda – ya’ni eng ko‘p chiqindi chiqaruvchi asosiy aylanma pechlarga 96–98 foiz samaradorlikka ega elektrofiltrlar,

yordamchi maydalash sexlariga esa modernizatsiya qilingan siklon-skrubberlar o‘rnatilganda – umumiy ushlab qolish darajasi 94,5 foizga (9450 tonnaga) yetadi. Natijada atmosferaga chiqadigan qoldiq tashlama 550 tonnagacha tushib, ekologik me’yor to‘liq bajariladi, jarima to‘lovlari barham topadi va korxonaning jami yillik ekologik xarajati 7,2 milliard so‘mdan 3,8 milliard so‘mgacha (yiliga 3,4 milliard so‘mga yoki 47 foizga) qisqaradi. Bundan tashqari, filtrlarda ushlab qolingan 9 ming tonnadan ziyod chang qimmatbaho xomashyo sifatida texnologik siklga qaytariladi.

Sanoat korxonalarida ekologik xarajatlar va zararli tashlamalar hajmini chiziqli dasturlash usullari yordamida optimallashtirish bo‘yicha quyidagi ilmiy-nazariy xulosalar hamda amaliy takliflar beriladi:

1. Matematik dasturlash tahlillari shuni isbotlaydiki, “ifloslantiruvchi to‘laydi” tamoyili va oshirilgan ekologik kompensatsiya stavkalari sharoitida yuqori samarali tozalash inshootlariga investitsiya kiritish jarima to‘lab ishlashga nisbatan korxona xarajatlarini qariyb ikki barobar kamaytiradi hamda tashlamalarni 4–4,5 marta qisqartiradi.

2. Yirik sanoat korxonalarida ekologik modernizatsiyani amalga oshirishda barcha bo‘linmalarga bir xil qimmat uskuna o‘rnatish o‘rniga, har bir sexning ifloslanish intensivligidan kelib chiqib elektrofiltrlar, skrubberlar va mexanik tozalagichlarning chiziqli dasturlash modeli orqali topilgan optimal kombinatsiyasini qo‘llash kapital xarajatlarni 20–25 foizga tejash imkonini beradi.

3. Chiziqli dasturlash masalasining ikkilangan (dual) baholarini tahlil qilish orqali korxonaning qaysi ekologik cheklovi eng “tor joy” ekanligini aniqlash va davlat tomonidan ajratiladigan “yashil kredit”larni aynan shu uchastkalarni modernizatsiya qilishga yo‘naltirish lozim.

4. Iqtisodiyot va moliya hamda Ekologiya vazirliklariga sanoat korxonalari tomonidan filtrlash jarayonida ushlab qolingan chang va chiqindilarni ikkilamchi xomashyo sifatida qayta ishlash ulushini ekologik soliq imtiyozlari berishning asosiy matematik mezonlaridan biri sifatida belgilash tavsiya etiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Husanov F.O., Matematikaning iqtisodiy masalalarni yechishdagi roli. "Servis" ilmiy-amaliy jurnali (Maxsus son). – Samarqand: SamISI nashriyoti, 2022. – 142-145 b.

2. Shodiyev T.Sh., Abdullayev O.M., Xakimov T.X., Iqtisodiy-matematik usullar va modellar. Oliy o‘quv yurtlari uchun darslik. – Toshkent: "Adabiyot jamg‘armasi", 2005.

3. Vaxabov A.V., Xajibakiyev Sh.X., Toshmatov Sh.A., Yashil iqtisodiyot. Darslik. – Toshkent: "Universitet", 2020. – 262 b.

4. Xodiyev B.Y., Iqtisodiy-matematik usullar. O‘quv qo‘llanma. – Toshkent: TDIU, 2018. – 215-228 b.

5. Kantorovich L.V., Ekonomicheskiy raschet nailuchshego ispolzovaniya resursov. – Moskva: Nauka, 1960.

6. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining "Atrof tabiiy muhit ifloslantirilganligi va chiqindilar joylashtirilganligi uchun kompensatsiya to‘lovlarini qo‘llash tartibi to‘g‘risida"gi qarori. – Toshkent, 2021.

MAISHIY VA SANOAT CHIQINDILARINI YIG‘ISH HAMDA QAYTA ISHLASH LOGISTIKA TARMOG‘INI TRANSPORT MASALASI ASOSIDA OPTIMALLASHTIRISH

Husanov F.O. Samarqand iqtisodiyot va servis institute Oliy matematika kafedrasi v.b. dotsenti. husanovfarrux7@gmail.com

Annotatsiya: Mazkur ilmiy maqolada shahar va tumanlarda hosil bo‘layotgan qattiq maishiy hamda sanoat chiqindilarini saralash shoxobchalaridan qayta ishlash klasterlariga tashish tizimini matematik dasturlashning transport masalasi yordamida optimallashtirish yo‘llari tadqiq etilgan. Chiqindi tashuvchi maxsus avtotransport vositalarining nooqilona yo‘nalishlarda harakatlanishi nafaqat yoqilg‘i sarfini oshiradi, balki atmosferaga chiqadigan uglerod izini (is gazlarini) ko‘paytiradi. Tadqiqotda o‘zbek va xorijiy olimlarning operatsion tadqiqotlar hamda sirkulyar iqtisodiyot bo‘yicha ishlari tahlil qilinib, yuk oqimlarini optimal taqsimlash va transport-ekologik xarajatlarni kamaytirish bo‘yicha ilmiy-amaliy takliflar ishlab chiqilgan.

Kalit so‘zlar: transport masalasi, logistika optimallashtiruvi, qattiq maishiy chiqindilar, qayta ishlash klasteri, uglerod izi, sirkulyar iqtisodiyot, potensiallar usuli.

Kirish:Aholi sonining barqaror o‘sishi, urbanizatsiya ko‘lamining kengayishi va iste’mol tarkibining o‘zgarishi natijasida shahar hamda tumanlarda to‘planayotgan qattiq maishiy va sanoat chiqindilarini boshqarish zamonaviy yashil iqtisodiyotning eng o‘tkir muammolaridan biriga aylandi. An’anaviy usulda chiqindilarni shahar chetidagi poligonlarga tartibsiz tashib ko‘mish unumdor yer resurslarining ishdan chiqishiga, sizot suvlarining zaharlanishiga hamda poligonlarda yonish va chirish oqibatida atmosferaga kuchli issiqxona gazi – metan va karbonat angidrid ajralib chiqishiga sabab bo‘lmoqda.

Yashil va sirkulyar (aylanma) iqtisodiyot tamoyillariga ko‘ra, chiqindilar poligonga ko‘miladigan axlat emas, balki saralanib, plastmassa, qog‘oz, metall, shisha, muqobil yoqilg‘i va organik o‘g‘it oluvchi qayta ishlash zavodlariga yo‘naltiriladigan ikkilamchi xomashyo bazasidir. Biroq ushbu jarayonda yuzaga keladigan eng katta iqtisodiy-ekologik muammo – chiqindilarni yig‘ish, qayta yuklash va qayta ishlash klasterlariga yetkazib berish logistikasining yuqori xarajatli ekanligidir. Chiqindilarni boshqarish umumiy xarajatlarining 60–70 foizi aynan ularni yig‘ish va tashish (transport) ulushiga to‘g‘ri keladi.

Agar chiqindi jamlash shoxobchalarini qayta ishlash korxonalariga biriktirishda masofalar va quvvatlar matematik optimallashtirilmasa, og‘ir yuk mashinalarining ortiqcha va samarasiz qatnovi yoqilg‘i sarfini oshiradi hamda

shahar havosiga tonnalab qo‘shimcha zaharli gaz chiqaradi. Tadqiqotning maqsadi – matematik dasturlashning transport masalasi modeli yordamida chiqindilar logistikasining eng kam xarajatli va eng past uglerod iziga ega bo‘lgan optimal tizimini asoslash hamda amaliy tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat.

ASOSIY QISM

Matematik dasturlashning transport masalasi va tarmoq oqimlarini optimallashtirish nazariyasi jahon ilm-fanida F. Xitchkok, T. Kupmans, L.V. Kantorovich hamda J. Ford va D. Falkersonlarning klassik asarlarida yaratilgan. So‘nggi yillarda Yevropa va Osiyo mamlakatlarida R. Dekker va A. MakKinnon kabi olimlar tomonidan “Yashil logistika” (Green Logistics) va “Teskari logistika” (Reverse Logistics – chiqindi va ikkilamchi xomashyoni iste’molchidan qayta ishlovchiga qaytarish logistikasi) yo‘nalishi rivojlantirilib, transport masalasining maqsad funksiyasiga nafaqat pul xarajatlari, balki yoqilg‘i yonishidan chiqadigan uglerod emissiyasi ham kiritila boshlandi.

O‘zbekistonda iqtisodiy-matematik usullar, transport masalasini yechish algoritmlari hamda yashil va sirkulyar iqtisodiyot muammolari T.Sh. Shodiyev, O.M. Abdullayev, B.Y. Xodiyev, A.V. Vaxabov, Sh.X. Xajibakiyev hamda F.O. Husanovning ilmiy ishlarida atroflicha tadqiq etilgan. Xususan, T.Sh. Shodiyev va B.Y. Xodiyevlarning darslik hamda o‘quv qo‘llanmalarida ochiq va yopiq turdagi transport masalalarini tayanch rejalar va potensiallar usuli yordamida yechish metodologiyasi keng yoritilgan. F.O. Husanovning tadqiqotlarida esa iqtisodiy tizimlarda resurslar harakatini matritsali modellar orqali muvozanatlash ortiqcha transport va taqchillik xarajatlarini bartaraf etishi ko‘rsatib o‘tilgan.

Hududiy chiqindilarni yig‘ish va qayta ishlash logistikasini optimallashtirish uchun chiziqli dasturlashning ko‘p bosqichli transport masalasi modeli qo‘llaniladi. Modelda birinchi bo‘g‘in (jo‘natish punktlari) sifatida shahar tumanlarida joylashgan chiqindi jamlash va birlamchi saralash stansiyalari, ikkinchi bo‘g‘in (qabul qilish punktlari) sifatida esa ixtisoslashgan qayta ishlash klasterlari va eko-texnoparklar olinadi. Har bir tuman stansiyasida kunlik to‘planadigan chiqindi hajmi (taklif vektori) va har bir qayta ishlash zavodining kunlik qabul qilish quvvati (talab vektori) ma’lum miqdorlar sifatida kiritiladi.

Klassik transport masalasidan farqli ravishda, “yashil logistika” modelida bir tonna chiqindini birinchi punktdan ikkinchi punktga tashish ko‘rsatkichi sifatida faqatgina masofa (kilometr) emas, balki kompleks “ekologik-transport tarifi” qo‘llaniladi. Ushbu tarif o‘z ichiga marshrut masofasini, shahar ko‘chalaridagi tirbandlik koeffitsiyentini (chunki tirbandlikda turgan chiqindi tashuvchi mashina harakatdagiga nisbatan 1,5 barobar ko‘p yoqilg‘i yoqadi va zaharli gaz chiqaradi) hamda bir tonna-kilometr yuk tashishda atmosferaga chiqadigan karbonat angidrid va azot oksidlari miqdorini oladi.

Optimal logistika rejasini topish ikki bosqichli matematik algoritm asosida amalga oshiriladi. Birinchi bosqichda “minimal element usuli” (eng kichik ekologik-transport tarifiga ega katakchalarni birinchi navbatda to‘ldirish) yordamida boshlang‘ich tayanch reja tuziladi. Ikkinchi bosqichda esa

“potensiallar usuli” yordamida har bir jo‘natish va qabul qilish punktiga matematik potensial qiymatlar berilib, bo‘sh katakchalarning baholari tekshiriladi. Agar birorta bo‘sh yo‘nalishda xarajatlarni yanada kamaytirish imkoniyati aniqlansa, yopiq zanjir bo‘ylab yuk oqimlari qayta taqsimlanadi va jami transport-ekologik xarajatlar eng past (global minimum) darajaga keltiriladi.

Amaliy tahlillar shuni ko‘rsatadiki, kuniga jami 600 tonna qattiq maishiy va ikkilamchi sanoat chiqindisi hosil bo‘ladigan yirik shaharning 4 ta tuman jamlash stansiyasi va 3 ta qayta ishlash klasteri o‘rtasida amaldagi (ma’muriy-hududiy yoki tartibsiz biriktirilgan) sxema qo‘llanilganda, mashinalarning kesishuvchi va uzoq yo‘nalishlarda qatnashi oqibatida o‘rtacha tashish masofasi 28,5 kilometrni, kunlik yuk aylanmasi esa 17 100 tonna-kilometrni tashkil etadi.

Ushbu tizimga matematik transport masalasi va potensiallar usuli tatbiq etilib, har bir tuman saralash stansiyasi eng yaqin va quvvati mos qayta ishlash klasteriga optimal biriktirilganda, kunlik 600 tonna chiqindini to‘liq tashib ketish sharti saqlangan holda o‘rtacha masofa 19,2 kilometrgacha, kunlik yuk aylanmasi esa 11 520 tonna-kilometrgacha qisqaradi. Natijada umumiy transport ishi 32,6 foizga kamayib, sanitar tozalash korxonalari yiliga 4 milliard so‘mdan ortiq dizel yoqilg‘isi, siqilgan gaz va shina-amortizatsiya xarajatlarini tejaydi. Eng muhim ekologik natija shundaki, maxsus texnikalarning ortiqcha qatnovi qisqarishi evaziga shahar atmosferasiga chiqadigan karbonat angidrid gazi yiliga 600 tonnaga kamayadi.

Maishiy va sanoat chiqindilarini yig‘ish hamda qayta ishlash logistika tarmog‘ini transport masalasi asosida optimallashtirish bo‘yicha quyidagi ilmiy-nazariy xulosalar va amaliy takliflar ilgari suriladi:

1. Chiqindilarni boshqarish sohasida sirkulyar iqtisodiyot samaradorligini baholashda faqatgina qayta ishlangan chiqindi ulushini emas, balki bir tonna chiqindini yig‘ish va zavodga yetkazishga sarflangan solishtirma tonna-kilometr hamda transportning “uglerod izi” ko‘rsatkichini asosiy mezon sifatida kiritish zarur.

2. Hududiy “Toza hudud” davlat muassasalari va sanitar tozalash klasterlari faoliyatiga matematik transport masalasi va potensiallar usuliga asoslangan marshrutlash algoritmlarini joriy etish lozim; bu chora qo‘shimcha avtotransport xarid qilmasdan turib logistika xarajatlarini va yoqilg‘i sarfini 30–33 foizga qisqartirish imkonini beradi.

3. Shahar ichidagi tirbandlik va ekologik yuklamani kamaytirish uchun tumanlarda oraliq saralash-presslash (chiqindi hajmini 3–4 marta zichlashtirish) shoxobchalarini tashkil etish hamda ulardan qayta ishlash zavodlariga tashishni tungi va tirbandlik past soatlarga matematik jadval asosida ko‘chirish tavsiya etiladi.

4. Yangi chiqindilarni qayta ishlash eko-texnoparklari va zavodlari uchun yer maydoni tanlashda ularni ma’muriy chegaraga qarab emas, balki tumanlarning chiqindi hosil bo‘lish hajmlari bilan vaznlangan “matematik og‘irlik markazi” nuqtasiga maksimal yaqin joylashtirish maqsadga muvofiqdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Husanov F.O., Matematikaning iqtisodiy masalalarni yechishdagi roli. "Servis" ilmiy-amaliy jurnali (Maxsus son). – Samarqand: SamISI nashriyoti, 2022. – 142-145 b.
2. Shodiyev T.Sh., Abdullayev O.M., Xakimov T.X., Iqtisodiy-matematik usullar va modellar. Oliy o‘quv yurtlari uchun darslik. – Toshkent: "Adabiyot jamg‘armasi", 2005.
3. Xodiyev B.Y., Iqtisodiy-matematik usullar. O‘quv qo‘llanma. – Toshkent: TDIU, 2018. – 215-228 b.
4. Vaxabov A.V., Xajibakiyev Sh.X., Toshmatov Sh.A., Yashil iqtisodiyot. Darslik. – Toshkent: "Universitet", 2020. – 262 b.
5. Ergashev A., Yulchiyeva M.T., Ahmedov O‘.A., Abzalov A.A., Ekologiya, biosfera va tabiatni muhofaza qilish. Darslik. – Toshkent, 2018.
6. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining "Chiqindilarni boshqarish tizimini takomillashtirish va ularning ekologik vaziyatga salbiy ta’sirini kamaytirish bo‘yicha chora-tadbirlar to‘g‘risida"gi PF-5-son Farmoni. – Toshkent, 2024.

CHAKANA SAVDO KORXONALARI SAMARADORLIGINI “MUAMMO-TAKLIF-SAMARADORLIK” MODELI ASOSIDA OSHIRISH

O.A.Abdug‘aniev. SamISI mustaqil izlanuvchisi

Annotatsiya. Maqolada chakana savdo korxonalari ijtimoiy-iqtisodiy samaradorligini pasaytiruvchi asosiy muammolar aniqlanib, ushbu muammolarni o‘zaro bog‘liq holda “muammo-taklif-samaradorlik” modeli asosida oshirish bo‘yicha takliflar ishlab chiqilgan.

Kalit so‘zlar: chakana savdo, samaradorlik, savdo korxonalari samaradorligi, tovar zahirasi, raqobat, mijozlar sadoqati, foyda, xarajat.

Jahonda chakana savdo tarmog‘i aholining iste’mol ehtiyojlarini qondirish, ichki bozor barqarorligini ta’minlash hamda iqtisodiy o‘sishni rag‘batlantiruvchi muhim tarmoqlardan biri sifatida rivojlanib bormoqda. Ushbu sohaning izchil taraqqiyoti aholining daromadlari oshishi, urbanizatsiya jarayonlarining jadallashuvi va zamonaviy savdo texnologiyalarining keng joriy etilishi bilan chambarchas bog‘liq. Xalqaro iqtisodiy tashkilotlar ma’lumotlariga ko‘ra, “2023 yilda dunyo bo‘yicha yakuniy iste’mol xarajatlari hajmi 55 trillion AQSh dollaridan oshgan bo‘lib” [37] bu chakana savdo tarmog‘ining jadal rivojlanayotganini tasdiqlaydi.

[37] https://data.worldbank.org/indicator/NE.CON.TOTL.CD - World Bank. Household final consumption expenditure (Chakana savdo va iste’mol bilan bog‘liq indikatorlar)

Yangi O‘zbekistonda so‘nggi yillarda chakana savdo tarmog‘ini rivojlantirish va uning samaradorligini oshirishga qaratilgan keng ko‘lamli islohotlar amalga oshirilmoqda. Davlat tomonidan savdo infratuzilmasini modernizatsiya qilish, zamonaviy savdo texnologiyalarini joriy etish hamda ichki iste’mol bozorini rivojlantirishga alohida e’tibor qaratilmoqda. Bundan tashqari, sohaga investitsiyalarni jalb etish, tadbirkorlik faoliyatini qo‘llab -quvvatlash hamda savdo subyektlari o‘rtasidagi iqtisodiy munosabatlarni takomillashtirish bo‘yicha tizimli chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda. Natijada, chakana savdo sohasida faoliyat yurituvchi subyektlar o‘rtasidagi hamkorlik munosabatlari yanada samarali va institutsional jihatdan mustahkamlanib bormoqda. Xususan, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi “2022–2026-yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida”gi PF-60-son Farmonida iqtisodiyot tarmoqlarini rivojlantirish doirasida ichki bozorni kengaytirish, tovar va xizmatlar ta’minotini yaxshilash hamda aholiga xizmat ko‘rsatish tizimini zamonaviy mexanizmlar asosida takomillashtirish ustuvor vazifalar sifatida belgilangan[38]. Ushbu vazifalarning amalga oshirilishi chakana savdo tarmog‘i rivojlanish jarayonlarini chuqur tahlil qilish, uning dinamikasini baholash va barqaror rivojlanishini ta’minlashga qaratilgan ilmiy yondashuvlarni takomillashtirish zaruratini yuzaga keltiradi.

Chakana savdo iqtisodiyotning eng jadal o‘zgaradigan tarmoqlaridan biri. Xaridorlarning xulq atvori, tovarlarga o‘rnatilgan narxga munosabati va xarid qilish usuli bir necha yil ichida o‘zgarib ketdi. Bugungi kunda xaridorlar tovarlarni telefondan narxlarini solishtirib, keyin savdo korxonasiga kiradi, yoki aksincha, savdo korxonasida ko‘rgan tovarni onlayn buyurtma qiladi. An’anaviy «tovar olib kelib, peshtaxtaga qo‘yib, sotilishini kutish» usuli bilan ishlayotgan savdo korxonalari uchun bu raqobatga dosh bera olmasligi natijasida bankrot holatga uchrashga sabab bo‘lmoqda.

Maqolaning maqsadi - chakana savdo korxonalari faoliyatidagi asosiy muammolarni aniqlash, ularni hal etishning zamonaviy usullarini taklif qilish va kutilayotgan natijani baholash mezonlarini aniqlashdan iborat.

Chakana savdo tushunchasiga iqtisodiy adabiyotlarda olimlar tomonidan bir necha xil ta’riflar berilgan. A.Soliev va S.Buzrukxonovlar qalamiga mansub “Marketing. Bozorshunoslik” nomli darslikda: “Chakana savdo - aholiga to‘g‘ridan-to‘g‘ri tovar sotish va xizmat qilish bilan bog‘liq bo‘lgan tadbirkorlik faoliyatini o‘z ichiga oladi. Chakana savdo tovarlar assortimentining shakllanishida qatnashadi, xaridorlarga tovarlar sifat ko‘rsatkichlari to‘g‘risida axborotlar beradi, tovarlarni saqlash, qo‘shimcha ishlash, baholarini o‘rnatish va boshqa vazifalarni bajaradi. Natijada tovarlarning oxirgi iste’molchilari bilan oldi-sotdi shartnomasini bajaradi” [39], deb ta’rif berilgan. Bu ta’rif, bizning fikrimizcha, chakana savdoning mazmun-mohiyatini kengroq ochib bergan.

[38] O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi “2022 - 2026-yillarga mo‘ljallangan yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida”gi PF-60-sonli Farmoni.

[39]Солиев А., Бузрукхонов С. Маркетинг. Бозоршунослик. Дарслик. – Т.: “Иқтисод-молия”, 2010, 289 бет.

B.Abdukarimov “Ichki savdo iqtisodiyoti” darsligida “Chakana tovar aylanishi – iste’mol tovarlarining aholiga va boshqa iste’molchilarga, ularni ehtiyojlarini qondirish uchun sotilish miqdorining puldagi ifodasidir”40, deb ta’kidlab o‘tgan.

Tadqiqot davomida chakana savdo korxonalarining samaradorligi bir nechta o‘zaro bog‘liq muammolar tufayli pasayishi aniqlandi. Ushbu muammolarga quyidagilarni kiritish mumkin:

1. Tovar zahiralarini boshqarishdagi muammolar. Aksariyat kichik chakana savdo korxonalarida buyurtma «tajribaga qarab», ya’ni egasining yoki sotuvchining hissiga tayanib beriladi. Natijada bir xil tovar omborda oylab turib qoladi, ikkinchisi esa eng talab yuqori paytda tugab qoladi. Birinchi holat aylanma mablag‘ni aylanishini sekinlashtirsa, ikkinchisi mahsulot sotish hajmini va mijozlarni yo‘qotishga olib keladi.

2. Mijozlar bilan uzilgan aloqa. Ko‘p chakana savdo korxonalari xaridorni faqat kassada ko‘radi. U kimligi, nimani, qanchalik tez-tez olishi va nega qaytib kelmayotgani ma’lum emas. Qayta xarid qiluvchi mijoz yangi mijoz jalb qilishdan ancha arzonga tushadi, lekin bu imkoniyat deyarli ishlatilmaydi.

3. Savdo xodimlari masalasi. Sotuvchining malakasi, motivatsiyasi va xodimlarning almashib turishi xizmat sifatiga bevosita ta’sir qiladi. Rag‘batlantirish tizimi faqat oylik bilan cheklansa, xodim sotuvni oshirish yoki mijozni saqlab qolishdan manfaatdor bo‘lmaydi.

4. Raqobat muhiti. Marketpleyslar, tarmoq supermarketlar va ijtimoiy tarmoqlar orqali sotuvchilar kichik chakana savdo korxonalarini narx, xizmat ko‘rsatish va qulayliklar jihatidan ustunlik qilmoqda.

Bu muammolarni alohida-alohida emas, balki majmua sifatida ko‘rish kerak. Zahira tizimi yaxshi bo‘lsa-yu, mijoz bilan aloqa bo‘lmasa, chakana savdo aylanmasi hajmi baribir ko‘paymaydi. Shuning uchun takliflar ham tizimli bo‘lishi lozim. Tadqiqot davomida chakana savdo korxonalari samaradorligiga ta’sir qiluvchi asosiy muammolarni yechimi bo‘yicha quyidagi takliflar ishlab chiqildi:

1. Ma’lumotga asoslangan zahira boshqaruvi

Dastlab tovarlarni ABC va XYZ usulida guruhlash maqsadga muvofiq. ABC tahlili tovarlarni sotuv hajmidagi ulushi bo‘yicha ajratadi: odatda oz sonli tovar savdo aylanmasining katta qismini beradi. XYZ tahlili esa talabning qanchalik barqarorligini ko‘rsatadi. Ikkalasi birlashtirilsa, qaysi tovarni doim zahirada tutish, qaysisini buyurtma asosida olish va qaysidan voz kechish kerakligi aniq bo‘ladi.

Qo‘shimcha ravishda zahira aylanishi va tovar zahirasiga qo‘yilgan mablag‘dan olingan yalpi foyda ko‘rsatkichlari muntazam kuzatib boriladi. Bu ko‘rsatkichlar «ombor to‘la» degan umumiy taassurotni aniq raqamga aylantiradi.

2. Raqamli hisob va tahlil tizimlarini joriy etish

Kassa dasturi, ombor hisobi va moliyaviy hisob yagona tizimga integratsiya qilinishi kerak. Har bir sotuv avtomatik ravishda zahiradan chiqarilsa, kamomad

[40]Абдукаримов Б. Ички савдо иқтисодиёти. Дарслик. – Т.: “Иқтисод–молия”, 2010, 179-бет.

va ortiqcha tovar o‘z vaqtida ko‘rinadi. Rahbar kunlik va haftalik hisobotni qo‘lda tayyorlamaydi, balki tayyor holda oladi.

3. Omnikanal yondashuv

Omnikanal deganda chakana savdo korxonasi, sayt, ijtimoiy tarmoq va messenjerlarning mijoz uchun yagona jarayon sifatida ishlashi tushuniladi. Mijoz Telegram orqali so‘rab, chakana savdo korxonasiga kelib olishi yoki uyga buyurtma qilishi mumkin bo‘ladi. To‘lov usullarini (naqd, karta, Payme, Click kabi hamyonlar) kengaytirish ham xarid yo‘lidagi ortiqcha to‘siqlarni kamaytiradi.

4. Mijozga yo‘naltirilgan marketing va sadoqat dasturi

Bonus, chegirma kartalari yoki oddiy mijozlar bazasi orqali qayta xarid qilish darajasini oshirsa bo‘ladi. Muhimi, baza faqat to‘planmasligi, balki ishlatilishi kerak: mijozga uning odatiy xaridiga mos taklif yuborish, tug‘ilgan kunida chegirma berish, uzoq vaqt kelmagan mijozni eslatish kabilar.

5. Kadrlar va motivatsiya tizimi

Xodimning daromadini sotuv hajmi, mijoz qoniqishi va zahira kamomadi kabi bir nechta ko‘rsatkichga bog‘lash tavsiya etiladi. Bunda mutanosib ko‘rsatkichlar tizimi (Balanced Scorecard)dan foydalanish tavsiya etiladi. Ushbu ko‘rsatkichlar, ya’ni moliyaviy, mijoz, ichki jarayon va o‘qish-rivojlanish yo‘nalishlari bir-birini to‘ldiradi. Qisqa o‘quv kurslari va sotuv standartlari xizmat sifatini barqarorlashtiradi.

6. Jarayonlar va xarajatlarni optimallashtirish

Joylashuv va tovarlarni peshtaxtaga terish (merchandayzing) qarorlari xaridorning harakat yo‘nalishiga asoslanishi kerak. Elektr energiyasi, ijara va logistika xarajatlari bo‘yicha muntazam tahlil olib borish, yetkazib beruvchilar bilan shartnomalarni qayta ko‘rib chiqish ham samaradorlikka to‘g‘ridan-to‘g‘ri ta’sir qiladi. Taklif etilgan choralar samarasini baholash uchun avval boshlang‘ich holat qayd etilishi va doimiy tahlillar o‘tkazilishi lozim. Tahlil uchun quyidagi asosiy mezonlardan foydalanish tavsiya etiladi (1-jadval).

1-jadval

Chakana savdo korxonalari samaradorligiga ta’sir etuvchi omillar, ularning ko‘rsatkichlari va natijaviyligi

№	Muammo	Ko‘rsatkichlar	Kutilayotgan natija
1	Tovar zahirasi	Tovar zahira aylanishi, kamomad ulushi	Aylanish tezlashadi, ortiqcha zahira kamayadi
2	Moliyaviy holat	Foyda, rentabellik, aylanma mablag‘	Foyda me’yori va mablag‘ samaradorligi oshadi
3	Mijozlar sodiqligi	Mijozlarning qayta xarid ulushi, o‘rtacha chek	Sadoqat va o‘rtacha xarid summasi o‘sadi
4	Kadrlar malakasi	Kadrlar qo‘nimsizligi, mehnat unumdorligi	Barqarorlik va mehnat unumdorligi oshadi

Xulosa qilib aytganda, chakana savdo korxonalari samaradorligini oshirishda yagona usul yo‘q. Zahira, axborot, mijoz, kadrlar va raqobat

muammolari bir-biriga bog‘liq bo‘lgani uchun yechim ham majmuaviy bo‘lishi kerak. Bizning fikrimizcha, chakana savdo korxonalari samaradorligini oshirishda – ma’lumotlar to‘plash, uni tartibga solish, mijozlar bilan tizimli ishlashni yo‘lga qo‘yish, raqamli kanallarni kengaytirish va xodimlarni rag‘batlantirish tizimini joriy etish orqali chakana savdo aylanmasi hajmini ko‘paytirish lozim.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi “2022 - 2026-yillarga mo‘ljallangan yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida”gi PF-60-sonli Farmoni.

2. Abdukarimov B. Ichki savdo iqtisodiyoti. Darslik. – T.: “Iqtisod–moliya”, 2010.

3. Soliev A., Buzrukxonov S. Marketing. Bozorshunoslik. Darslik. – T.: “Iqtisod-moliya”, 2010.

4. https://data.worldbank.org

OPTIMALLASHTIRISH USULLARI YORDAMIDA ATROF-MUHITNI MUHOFAZA QILISH: EKOLOGIK MENEJMENTDA EKOLOGIK YUKNI KAMAYTIRISH CHORA-TADBIRLARINI MINIMAL XARAJAT BILAN TAQSIMLASH

O‘razaliyev Shirinboy Bo‘ron o‘g‘li. Samarqand iqtisodiyot va servis instituti “Oliy matematika”kafedrasi, assistenti.
shirinboyorazaliyev7@gmail.com

Annotatsiya. Maqolada xizmat ko‘rsatish sohasi korxonalari chiqindilarini kamaytirish majburiyatini ular o‘rtasida minimal xarajat bilan taqsimlash masalasi qavariq kvadratik dasturlash masalasi sifatida qo‘yiladi. Lagranj va Karush–Kun–Takker shartlari asosida yopiq ko‘rinishdagi yechim olinib, chegaraviy xarajatlarni tenglashtirish tamoyili isbotlanadi. Beshta korxona misolida optimal taqsimot mutanosib qisqartirishga nisbatan xarajatni 38,0 % ga kamaytirishi va ekologik samaradorlik (ROI_{eko}) 2,29 dan 3,68 gacha oshishi ko‘rsatildi.

Kalit so‘zlar: optimallashtirish, atrof-muhitni muhofaza qilish, kvadratik dasturlash, Lagranj ko‘paytuvchisi, chegaraviy xarajat, ekologik samaradorlik.

Kirish: Atrof-muhitni muhofaza qilish chora-tadbirlari moliyaviy resurslar bilan cheklangan, shu sababli “qancha kamaytirish” savoli bilan bir qatorda “qayerda va kim hisobidan kamaytirish” savoli ham dolzarbdir. O‘zbekiston Respublikasining 2030-yilgacha atrof-muhitni muhofaza qilish konsepsiyasida ekologik ko‘rsatkichlarni yaxshilash va resurslardan oqilona foydalanish ustuvor vazifa sifatida belgilangan; sanoat va xizmat sohalarida bu vazifa texnologik va iqtisodiy cheklovlar ichida hal etilishi lozim. Optimallashtirish nazariyasi asoslari, ko‘p mezonli masalalar ishlarida bayon etilgan.

Dissertatsiya ishida xizmat ko‘rsatish samaradorligi “tejalgan mablag‘ / xarajat” nisbati (ROI) va $\text{IAEI} = \sum w_i S_i$ integral indeksi orqali baholanadi. Mazkur tezisda shu mantiq ekologik masalaga ko‘chiriladi: ekologik chora-tadbirlar optimallashtirish usullari yordamida tanlanadi, natija esa xarajat–samara ko‘rsatkichi bilan baholanadi. Tadqiqot maqsadi – chiqindilarni qisqartirish majburiyatini korxonalar o‘rtasida jami xarajat minimal bo‘ladigan tarzda taqsimlashning matematik modelini qurish va uning amaliy samarasini baholashdir.

Masalaning qo‘yilishi

n ta korxona (emissiya manbai) berilgan bo‘lsin; E_i – i-korxonaning yillik emissiyasi (t), u_i – qisqartirish hajmi (t). Qisqartirish xarajati qavariq kvadratik funksiya bilan modellashtiriladi: $c_i(u_i) = a_i u_i + b_i u_i^2$, bunda $a_i > 0$ – birinchi tonnani kamaytirish xarajati, $b_i > 0$ – texnologik qiyinchilikning o‘sish tezligi (har keyingi tonna qimmatroq). Jami qisqartirish R dan kam bo‘lmasligi kerak (masalan, me’yoriy talab yoki hududiy limit). Masala:

$$\min_u C(u) = \sum_{i=1}^{n} \left(a_i u_i + b_i u_i^2\right) \tag{1}$$

$$\sum_{i=1}^{n} u_i \geq R \tag{2}$$

$$0 \leq u_i \leq \bar{u}_i = \eta_i E_i, \qquad i = 1, \dots, n \tag{3}$$

ko‘rinishida yoziladi, bunda η_i – i-korxonada texnik jihatdan erishish mumkin bo‘lgan maksimal qisqartirish ulushi. Maqsad funksiyasi qat’iy qavariq, cheklovlar chiziqli, shuning uchun yechim mavjud va yagonadir.

Yechim usuli

Lagranj funksiyasi quyidagicha tuziladi:

$$L = \sum_{i=1}^{n} \left(a_i u_i + b_i u_i^2\right) + \lambda \left(R - \sum_{i=1}^{n} u_i \right) + \sum_{i=1}^{n} \nu_i \left(u_i - \bar{u}_i\right) - \sum_{i=1}^{n} \mu_i u_i$$

Karush–Kun–Takker shartlari $\partial L / \partial u_i = 0$ dan $a_i + 2b_i u_i - \lambda + \nu_i - \mu_i = 0$ ni beradi, bunda $\lambda, \nu_i, \mu_i \geq 0$ va to‘ldiruvchi sustlik shartlari bajariladi. Bu yerdan optimal yechim yopiq ko‘rinishda olinadi:

$$u_i^* = \min\left\{\bar{u}_i,\ \max\left\{0,\ \frac{\lambda - a_i}{2b_i}\right\}\right\} \tag{5}$$

λ qiymati $\sum u_i^*(\lambda) = R$ tenglamadan bisektsiya usuli bilan topiladi, chunki chap tomon λ bo‘yicha monoton o‘sadi. Shuningdek,

$$\sum_{i=1}^{n} u_i^*(\lambda) = R, \qquad \frac{dC^*}{dR} = \lambda \tag{6}$$

munosabati o‘rinli: λ – ekologik “soya narxi”, ya’ni qo‘shimcha bir tonna qisqartirishning optimal chegaraviy xarajati. Iqtisodiy ma’no: ichki nuqtadagi barcha korxonalarda chegaraviy xarajat $a_i + 2b_i u_i^* = \lambda$ tenglashadi [4]; λ dan qimmat ($a_i > \lambda$) korxonalar qisqartirmaydi, λ dan arzon korxonalar esa texnik chegara $\bar{u}_i$ gacha qisqartiradi.

Bir nechta mezonli holatda (xarajat, qoldiq emissiya, ijtimoiy samara) integral mezon, dissertatsiyadagi IAEI ga o‘xshash, qo‘llanadi:

$$\max_{u} \Phi(u) = \sum_{k=1}^{m} w_k S_k(u), \qquad \sum_{k=1}^{m} w_k = 1, \quad S_k \in [0;1] \tag{7}$$

bu yerda $S_1 = 1 - C(u)/C_{\max}$, $S_2 = \sum u_i / \sum E_i$; vaznlar w_k ekspert baholari yoki Saati usuli bilan aniqlanadi. Texnologiyalar diskret (pog‘onali) bo‘lib, masala qavariqligini yo‘qotganda genetik algoritm va zarrachalar to‘dasi usuli qo‘llanadi. Loyihaning ekologik samaradorligi dissertatsiyadagi ROI formulasiga mos holda

$$\mathrm{ROI}_{eko} = \frac{D \cdot R}{C(u^*)} \tag{8}$$

bilan baholanadi, bu yerda D – 1 t emissiya keltiradigan zararning pul qiymati (mln so‘m/t).

Hisoblash misoli

Xizmat ko‘rsatish sohasining beshta korxonasi uchun ($\eta_i = 0{,}6$; $R = 150$ t, ya’ni jami emissiyaning 30 %; $D = 6$ mln so‘m/t) hisob-kitob bajarildi. Yechim yopiq formula va SciPy (SLSQP) usulida olindi, natijalar mos tushdi. $\lambda^* = 2{,}467$ mln so‘m/t.

1-jadval. Boshlang‘ich ma’lumotlar va qisqartirishning taqsimoti

Korxona	E_i, t	a_i	b_i	$\bar{u}_i$, t	Mutanosib u_i, t	Optimal u_i^*, t	$C_i'(u_i^*)$
1	120	1,5	0,010	72	36,0	48,3	2,47
2	80	3,0	0,050	48	24,0	0,0	3,00
3	150	1,0	0,004	90	45,0	90,0	1,72
4	60	4,0	0,100	36	18,0	0,0	4,00
5	90	2,0	0,020	54	27,0	11,7	2,47
Jami	500	–	–	300	150,0	150,0	–
C, mln so‘m	–	–	–	–	393,8	244,3	–

Optimal taqsimotda 1- va 5-korxonalar chegaraviy xarajati λ^* ga teng; 3-korxona eng arzon bo‘lgani uchun texnik chegaraga ($\bar{u}_3 = 90$ t) yetkazildi; 2- va

4-korxonalar uchun $a_i > \lambda^*$ bo‘lgani sababli qisqartirish tavsiya etilmaydi. Mutanosib (barcha uchun 30 %) variantga nisbatan jami xarajat $393{,}8 \to 244{,}3$ mln so‘mga, ya’ni

$$\frac{C_{prop} - C^*}{C_{prop}} \cdot 100\,\% = \frac{393{,}8 - 244{,}3}{393{,}8} \cdot 100\,\% \approx 38{,}0\,\% \quad (9)$$

ga kamaydi. Bunda ROI_{eko} 2,29 dan 3,68 gacha o‘sdi. 1-rasmda talab etilgan qisqartirish R ortishi bilan ikkala variant xarajati keltirilgan: $R = 10\,\%$ da tejam 45,4 %, $R = 50\,\%$ da 21,6 % ni tashkil etadi, ya’ni optimallashtirish samarasi qat’iy talablar sharoitida kamayadi, chunki barcha korxonalar texnik chegaraga yaqinlashadi; soya narxi λ esa 1,40 dan 5,60 mln so‘m/t gacha o‘sadi.

Xulosa

14. Ekologik yukni kamaytirish majburiyatini taqsimlash masalasi qavariq kvadratik dasturlash masalasi bo‘lib, yopiq yechimga ega; optimal rejada chegaraviy xarajatlar tenglashadi.

15. Beshta korxona misolida optimal taqsimot mutanosib qisqartirishga nisbatan xarajatni 38,0 % ga kamaytirdi va ROI_{eko} ni 3,68 gacha oshirdi.

16. Soya narxi λ ekologik siyosat uchun ko‘rsatkich bo‘lib xizmat qiladi: u me’yor qat’iylashishining chegaraviy narxini ko‘rsatadi va dissertatsiyadagi samaradorlik mezonlari tizimiga ekologik komponent sifatida kiritilishi mumkin.

Adabiyotlar

1. Mutalov Sh.A., Tursunov T.T., Niyazova M.M. va boshq. Sanoat ekologiyasi (atrof-muhit muhofazasi): oliy ta’lim muassasalari uchun darslik. – Toshkent: O‘zbekiston xalqaro islom akademiyasi nashriyot-matbaa birlashmasi, 2020.

2. 2. Sh. Sharahmetov, O.Qurbonov, “Iqtisodchilar uchun matematika”. ISBN 978-9943-07-554-2, O‘zbekiston faylasuflari milliy jamiyati nashriyoti, 2017.

3. Murray J.D. Mathematical Biology I: An Introduction. 3rd ed. – New York: Springer, 2002.

QATTIQ MAISHIY CHIQINDILARNI YIG‘ISH VA TASHISHDA MARSHRUTLARNI OPTIMALLASHTIRISH

Salimov Esanjon Xusen o‘g‘li. SamISI Oliy matematika kafedrasi dotsenti v.b., PhD

Annotatsiya: Maqolada chiqindi yig‘ish transporti yo‘nalishlarini optimallashtirish orqali yoqilg‘i sarfi, qatnov va emissiyani kamaytirish imkoniyatlari tahlil qilinadi. Usullar: Tadqiqotda GIS tarmog‘i va vehicle routing problem (VRP) yondashuvini birlashtirgan amaliy-metodik tahlil qo‘llandi. Natijalar: Tadqiqot natijasi sig‘im, yo‘l tarmog‘i, vaqt oynasi va xizmat qamrovini hisobga oluvchi chiqindi yig‘ish marshrutini optimallashtirish sxemasidir.

Xulosa: taklif etilgan yondashuvni mahalliy ekologik ma’lumotlar bilan sinovdan o‘tkazish tavsiya etiladi.

Kalit so‘zlar: chiqindi boshqaruvi, marshrutlash, optimallashtirish, GIS, transport emissiyasi, yashil iqtisodiyot.

Kirish: Chiqindilarni yig‘ish xizmatida transport xarajatlari va yoqilg‘i sarfi umumiy operatsion natijaga sezilarli ta’sir qiladi. Noto‘g‘ri rejalashtirilgan yo‘nalishlar bo‘sh qatnovni, ortiqcha bosib o‘tilgan masofani va transportdan chiqadigan emissiyani oshiradi. Raqamli xarita va marshrutlash algoritmlari ma’lumotga asoslangan rejalashtirishni qo‘llab-quvvatlaydi.

Tadqiqot metodologiyasi: Tadqiqotda GIS tarmog‘i va vehicle routing problem (VRP) yondashuvini birlashtirgan amaliy-metodik tahlil qo‘llandi. Yig‘ish nuqtalari, yo‘l tarmog‘i, avtomobil sig‘imi, ish vaqti, xizmat oynasi va yoqilg‘i sarfi model talablari sifatida belgilandi. GPS hamda konteyner to‘lishi haqidagi ma’lumotlarning marshrutni yangilashdagi roli ko‘rib chiqildi. Muayyan shahar bo‘yicha transport ma’lumotlari berilmagani sababli algoritm natijasi hisoblanmadi; tavsiya etilgan modelni pilot hududda tekshirish lozim.

Masalaning matematik modeli: Chiqindi konteynerlari yoki yig‘ish nuqtalari tugunlar, yo‘l segmentlari esa qirralar sifatida ifodalanadi. Har bir transport vositasining sig‘imi, ish vaqti, bazadan chiqish-qaytish sharti va xizmat ko‘rsatish oynasi belgilanadi. Maqsad funksiyasi umumiy masofa yoki xarajatni minimallashtiradi. Ekologik mezon sifatida masofaga yoqilg‘i sarfi koeffitsiyenti qo‘shilishi mumkin. Chiqindi hajmi noma’lum bo‘lsa, tarixiy ma’lumotlardan foydalanib, mavsumiy va hududiy o‘zgarishlar alohida modellashtiriladi. Transport vositalari marshrutini cheklovlar asosida optimallashtirish VRP masalalari doirasida o‘rganiladi (Toth va Vigo, 2014).

Natijalar: Tadqiqot natijasi sig‘im, yo‘l tarmog‘i, vaqt oynasi va xizmat qamrovini hisobga oluvchi chiqindi yig‘ish marshrutini optimallashtirish sxemasidir.

Masalaning matematik modeli: Chiqindi konteynerlari yoki yig‘ish nuqtalari tugunlar, yo‘l segmentlari esa qirralar sifatida ifodalanadi. Har bir transport vositasining sig‘imi, ish vaqti, bazadan chiqish-qaytish sharti va xizmat ko‘rsatish oynasi belgilanadi. Maqsad funksiyasi umumiy masofa yoki xarajatni minimallashtiradi. Ekologik mezon sifatida masofaga yoqilg‘i sarfi koeffitsiyenti qo‘shilishi mumkin. Chiqindi hajmi noma’lum bo‘lsa, tarixiy ma’lumotlardan foydalanib, mavsumiy va hududiy o‘zgarishlar alohida modellashtiriladi. Transport vositalari marshrutini cheklovlar asosida optimallashtirish VRP masalalari doirasida o‘rganiladi (Toth va Vigo, 2014).

Raqamli ma’lumot oqimi: GIS tarmog‘ida yo‘l uzunligidan tashqari, harakat tezligi, bir tomonlama ko‘chalar, ta’mirlanayotgan segmentlar va transportga cheklovlar aks etishi kerak. GPS qurilmasi haqiqiy marshrut va xizmat vaqtini qayd etadi; konteynerdagi to‘lish sensori esa yig‘ish zaruratini aniqlashga yordam beradi. Dastlab tizim tavsiya etgan yo‘nalishlar dispetcher tomonidan tekshiriladi. Haqiqiy masofa va vaqt qayta tizimga kiritilib, keyingi rejalashtirish

uchun model yangilanadi.

Natijalarni baholash: Yangi marshrut eski jadval bilan bir xil kun, transport sig‘imi va xizmat darajasi sharoitida taqqoslanadi. Asosiy ko‘rsatkichlar: bir tonna chiqindiga to‘g‘ri keladigan kilometr, yoqilg‘i sarfi, xizmat ko‘rsatilgan nuqtalar ulushi va o‘z vaqtida bajarilgan qatnovlardir. Faqat qisqa masofa mezoni chekka mahallalarda xizmatning yomonlashishiga olib kelmasligi uchun minimal xizmat darajasi shart qilib qo‘yiladi. Pilot sinov natijasi mavsumiy o‘zgarishlar bilan tekshirilishi lozim.

Qo‘llash shartlari va metodik cheklovlar: Marshrutlashda tirbandlik, yo‘l ta’miri, xizmat vaqti cheklovlari va transport sig‘imi hisobga olinadi. Konteyner datchigi yoki GPS ma’lumoti uzilib qolsa, dispetcher uchun zaxira jadval bo‘lishi lozim. Mahalliy yo‘l sharoiti va haydovchi tajribasi algoritm tavsiyasini tasdiqlashda foydali. Pilot hududda yoqilg‘i tejalishi, xizmat qamrovi, qatnov va shikoyatlar soni oldingi jadval bilan bir xil sharoitda taqqoslanadi. Emissiya kamayishi faqat masofa qisqarishidan kelib chiqadigan nazariy taxmin bilan emas, real sarf ma’lumoti asosida baholanadi.

Amaliy natijalarni baholash: Raqamli marshrutni amaliyotga tatbiq etishda xarajat bilan birga xizmat sifati o‘zgarishi kuzatiladi. Har bir qatnovda yig‘ilgan og‘irlik, bosib o‘tilgan masofa, ish vaqti va yoqilg‘i sarfi qayd qilinadi. Chiqindi miqdorining mavsumiy farqi hisobga olinishi uchun o‘tgan davr ma’lumoti va tadbirlar jadvali ishlatiladi. Aholi zich joylarda transport xavfsizligi va shovqin darajasi ham rejalashtirish cheklovi bo‘lishi mumkin. Operatsion natijalar muntazam tahlil qilinib, yo‘nalishlar dispetcher va haydovchilar bilan kelishilgan holda qayta ko‘riladi. Bunday qayta aloqa algoritmning mahalliy sharoitga moslashishini ta’minlaydi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy-amaliy ahamiyati: Chiqindi yig‘ish tizimini qayta tashkil etishda ekologik natija bilan bir qatorda operatorlar uchun mehnat sharoiti va xavfsizlik ham mezon bo‘lishi kerak. Haydovchi ish vaqti, xavfsiz burilish, piyodalar oqimi va maxsus texnika harakatlanishi mumkin bo‘lgan yo‘llar marshrut modelida chegaralar sifatida beriladi. Qayta ishlash punktlari va saralash markazlari tizimga kiritilsa, oqimni faqat poligonga yetkazish emas, ikkilamchi xomashyoni yo‘naltirish ham optimallashtiriladi. Har bir chora bo‘yicha bazaviy holat va yangi holat bir xil o‘lchov davrida taqqoslanadi. Bu xizmatdagi o‘zgarishni aniq ko‘rsatadi va investitsiyani asoslashga yordam beradi.

Joriy etish va natijalarni kuzatish: Marshrutlar bo‘yicha ish samaradorligi haftalik ravishda masofa, yoqilg‘i, yuklangan chiqindi hajmi va xizmat ko‘rsatilgan manzillar asosida ko‘rib chiqiladi. Dispecher muammoli yo‘l segmentlari va kechikish sabablarini qayd etadi. Algoritmning tavsiyasi amaliy cheklovlarga mos kelmasa, tuzatishlar sababi yozib boriladi va keyingi hisobda inobatga olinadi. Shu tartib operator tajribasi bilan raqamli tahlilni bog‘laydi.

Xulosa va ilmiy-amaliy takliflar: Mahalla darajasidagi yig‘ish nuqtalari, GPS izi va transport sarfini yagona GIS bazasida bog‘laydigan pilot loyiha tashkil

etish taklif qilinadi. Algoritm yoqilg‘i va emissiyani kamaytirish bilan birga xizmat qamrovi va xavfsizlik cheklovlarini ham bajarishi kerak. Marshrutlarni optimallashtirish yashil iqtisodiyot uchun amaliy yechim beradi, ammo natijani tasdiqlash uchun sinovdan oldingi va keyingi real yoqilg‘i hamda xizmat ma’lumotlari zarur.

Foydalanilgan adabiyotlar.

1. UNEP. Digital Public Infrastructure for Environmental Sustainability. 2024.

2. Toth, P.; Vigo, D. Vehicle Routing: Problems, Methods, and Applications. SIAM, 2014.

3. UNEP. Global Waste Management Outlook 2024. Nairobi, 2024.

IV SHO‘BA.
“SUN’IY INTELLEKT VA MA’LUMOTLAR TAHLILI YORDAMIDA ATROF-MUHITNI HIMOYA QILISH”

SUN’IY INTELLEKT ASOSIDA ATROF-MUHITNI HIMOYA QILISH JARAYONINI LOYIHALASHTIRISH

Suyarov Akram Musayevich
Samarqand iqtisodiyot va servis instituti dotsenti
tel.: +998 91 551 70 81 E-mail: akramsuyarov@mail.ru

Aminov Istam Barnoyevich
Sh.Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti professori
tel;.: +915406178 e-mail: istam.aminov@mail.ru

Annotatsiya. Zamonaviy ekologik muammolarning murakkablashuvi, atmosfera havosining ifloslanishi, suv resurslarining kamayishi, chiqindilar hajmining ortishi hamda iqlim o‘zgarishi ekologik monitoring va boshqaruv tizimlariga yangi yondashuvlarni talab etmoqda. Ushbu sharoitda sun’iy intellekt, mashinali o‘qitish, neyron tarmoqlar, kompyuter ko‘rish va katta ma’lumotlarni tahlil qilish texnologiyalaridan foydalanish ekologik jarayonlarni avtomatlashtirish va prognozlash imkoniyatini yaratadi.Maqolada sun’iy intellekt asosidagi ekologik himoya tizimining funksional modeli taklif etilib, ma’lumotlarni yig‘ish, qayta ishlash, tahlil qilish, prognozlash, qaror qabul qilish va natijalarni monitoring qilish bosqichlari asoslab berilgan. Shuningdek, atmosfera, suv resurslari, o‘rmonlar va chiqindilar monitoringida sun’iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish istiqbollari ko‘rib chiqilgan.

Kalit so‘zlar: sun’iy intellekt, atrof-muhit, ekologik monitoring, mashinali o‘qitish, neyron tarmoqlar, ekologik xavfsizlik, prognozlash, katta ma’lumotlar, aqlli sensorlar, kompyuter ko‘rish.

XXI asrda insoniyat oldida turgan eng dolzarb muammolardan biri atrof-muhitni muhofaza qilish va tabiiy resurslardan oqilona foydalanish hisoblanadi. Sanoatning rivojlanishi, transport vositalari sonining ortishi, urbanizatsiya jarayonlarining jadallashuvi hamda tabiiy resurslardan intensiv foydalanish natijasida ekologik muammolar yanada murakkablashmoqda.

Atmosfera havosining ifloslanishi, global iqlim o‘zgarishi, suv tanqisligi, tuproq degradatsiyasi, biologik xilma-xillikning kamayishi va chiqindilar muammosi ekologik monitoring tizimlarini takomillashtirishni talab qiladi. An’anaviy ekologik monitoring tizimlarida ma’lumotlarni yig‘ish va qayta ishlash jarayonlari ko‘pincha ko‘p vaqt va inson resurslarini talab qiladi. Bunday sharoitda katta hajmdagi ekologik ma’lumotlarni tezkor tahlil qilish hamda kelajakdagi holatlarni prognozlash murakkab vazifa hisoblanadi.

Sun’iy intellekt texnologiyalari ushbu muammolarni hal qilishda muhim vosita bo‘lib xizmat qilishi mumkin. Sun’iy intellekt yordamida turli sensorlar, sun’iy yo‘ldoshlar, meteorologik stansiyalar va ekologik monitoring qurilmalaridan olinadigan katta hajmdagi ma’lumotlarni avtomatik ravishda tahlil qilish mumkin.

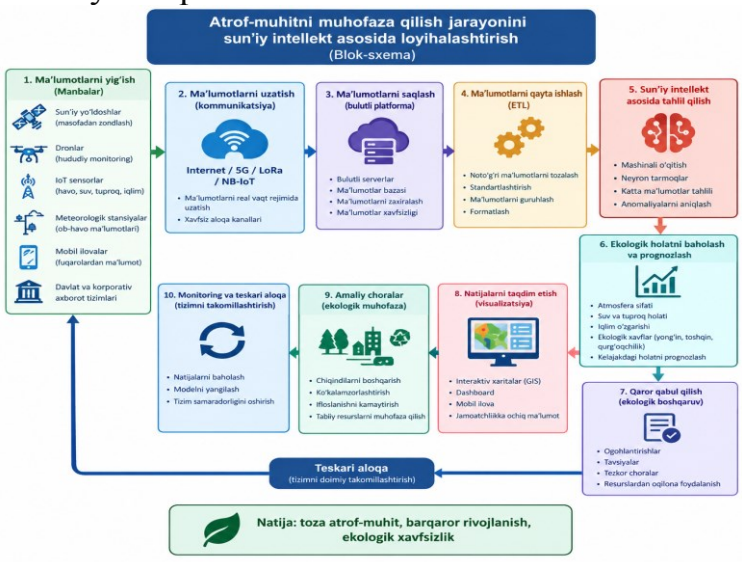
Sun’iy intellekt inson intellektual faoliyatiga xos bo‘lgan tahlil qilish, o‘rganish, xulosa chiqarish va qaror qabul qilish jarayonlarini kompyuter texnologiyalari yordamida amalga oshirish imkonini beradi.

Ekologik tizimlarda sun’iy intellektdan foydalanish quyidagi imkoniyatlarni yaratadi:

- ✓ katta hajmdagi ekologik ma’lumotlarni tezkor tahlil qilish.
- ✓ atmosfera va suv havzalaridagi ifloslanish darajasini aniqlash.
- ✓ iqlim o‘zgarishlarini prognozlash.
- ✓ o‘rmon yong‘inlarini erta aniqlash.
- ✓ noqonuniy daraxt kesish holatlarini aniqlash.
- ✓ chiqindilarni avtomatik tasniflash.
- ✓ tabiiy ofatlar xavfini prognozlash.
- ✓ ekologik boshqaruv bo‘yicha optimal qarorlarni shakllantirish.

Sun’iy intellektning asosiy afzalligi shundaki, u katta miqdordagi ma’lumotlar o‘rtasidagi murakkab bog‘lanishlarni aniqlashi va inson tomonidan sezilishi qiyin bo‘lgan qonuniyatlarni topishi mumkin.

Atrof-muhitni muhofaza qilish jarayonini sun’iy intellekt asosida loyiha-lashtirish quyidagi asosiy bosqichlardan iborat:



1-rasm. Atrof-muhitni muhofaza qilish jarayonini sun’iy intellekt asosida loyihalashtirish modeli

1. Ma’lumotlarni yig‘ish. Ekologik ma’lumotlar turli manbalardan olinadi:

- ✓ atmosfera monitoring sensorlari;
- ✓ meteorologik stansiyalar;
- ✓ suv sifatini nazorat qilish qurilmalari;

- ✓ sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari;
- ✓ uchuvchisiz uchish qurilmalari;
- ✓ ekologik kuzatuv kameralari;
- ✓ IoT qurilmalari;
- ✓ davlat ekologik axborot tizimlari.

Ushbu qurilmalar yordamida havo harorati, namlik, karbonat angidrid miqdori, chang zarralari, suvning kimyoviy tarkibi va boshqa ekologik ko‘rsatkichlar yig‘iladi.

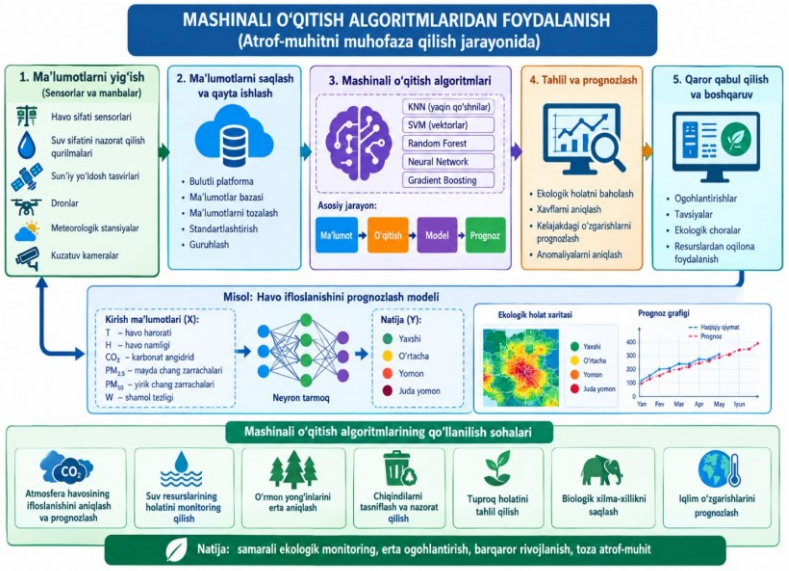
2. Ma’lumotlarni saqlash va qayta ishlash. Yig‘ilgan ma’lumotlar ma’lumotlar bazasi yoki bulutli texnologiyalar asosidagi platformalarda saqlanadi. Ma’lumotlarni qayta ishlash jarayonida quyidagi ishlar bajariladi:

- ✓noto‘g‘ri ma’lumotlarni aniqlash;
- ✓takrorlanuvchi ma’lumotlarni olib tashlash;
- ✓ma’lumotlarni standartlashtirish;
- ✓ma’lumotlarni guruhlash;
- ✓statistik tahlil qilish.

Ekologik ma’lumotlarni tahlil qilishda mashinali o‘qitish (Machine Learning) algoritmlaridan samarali foydalanish mumkin. Bunday yondashuv katta hajmdagi ekologik ma’lumotlarni tezkor qayta ishlash, yashirin qonuniyatlarni aniqlash, ifloslanish darajasini bashorat qilish va ekologik xavflarni oldindan aniqlash imkonini beradi.Ekologik ma’lumotlarda mashinali o‘qitishning qo‘llanilishi

1. **Havo sifatini bashorat qilish.** Harorat, namlik, shamol tezligi, PM2.5, PM10, CO, NO_2 va SO_2 kabi ko‘rsatkichlar asosida havo ifloslanishining kelajakdagi holatini prognoz qilish mumkin.
2. **Suv sifatini baholash.** Suvning pH darajasi, harorati, loyqaligi, kislorod miqdori va boshqa parametrlar asosida suvning ekologik holatini aniqlash mumkin.
3. **Ekologik xavflarni aniqlash.** Mashinali o‘qitish algoritmlari o‘rmon yong‘inlari, suv toshqinlari, qurg‘oqchilik va boshqa ekologik xavflarning yuzaga kelish ehtimolini baholashda qo‘llaniladi.
4. **Ifloslanish manbalarini aniqlash.** Sensorlar va monitoring tizimlaridan olingan ma’lumotlarni tahlil qilish orqali hududdagi asosiy ifloslanish manbalarini aniqlash mumkin.
5. **Ekologik hududlarni tasniflash.** Hududlarni ekologik holatiga ko‘ra – yaxshi, qoniqarli, xavfli va juda xavfli kabi guruhlarga ajratish mumkin.

Ekologik ma’lumotlarni tahlil qilishda mashinali o‘qitish (Machine Learning) algoritmlaridan samarali foydalanish quyidagi sxema orqali amalga oshiriladi:



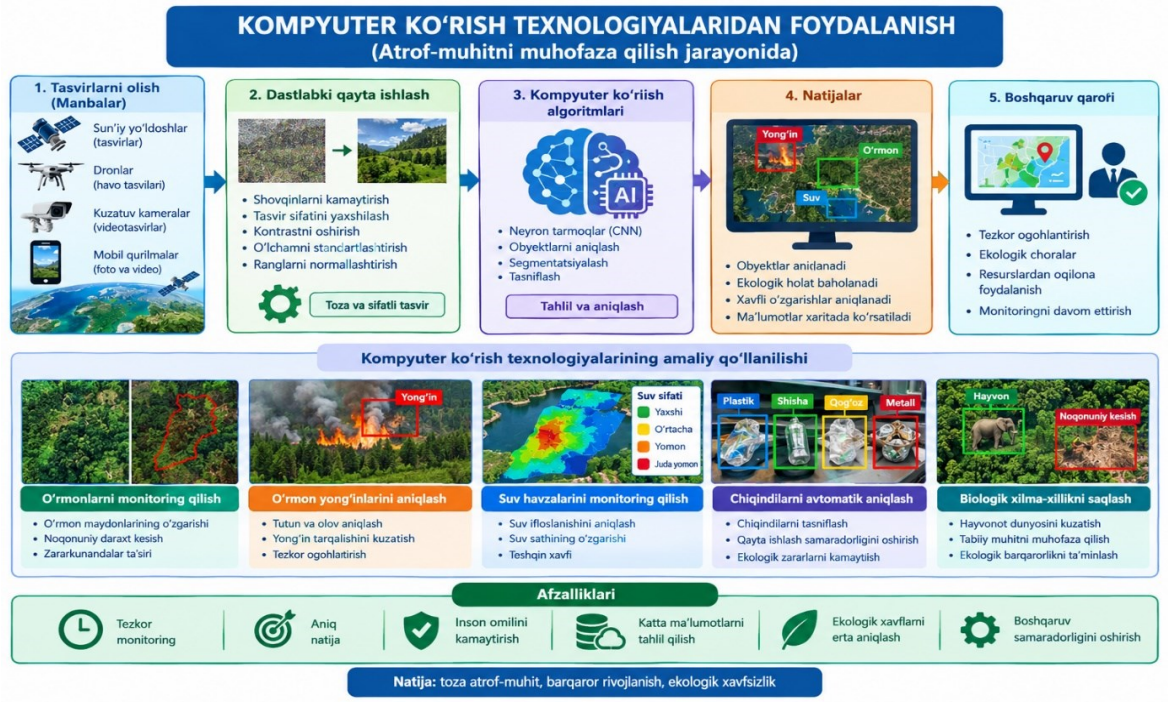
2-rasm. Ekologik ma’lumotlarni tahlil qilishda mashinali o‘qitish algoritm-laridan foydalanish sxemasi

Kompyuter ko‘rish texnologiyalari sun’iy intellektning muhim yo‘nalishlaridan biri bo‘lib, raqamli tasvirlar va videolardan avtomatik ravishda ma’lumotlarni aniqlash, tahlil qilish va tasniflash imkonini beradi. Ushbu texnologiyalar atrof-muhitni muhofaza qilish jarayonlarini raqamlashtirishda, ekologik monitoringni avtomatlashtirishda hamda tabiiy va texnogen xavflarni tezkor aniqlashda muhim ahamiyatga ega.

Atrof-muhitni monitoring qilish jarayonida turli manbalardan olingan tasviriy ma’lumotlardan foydalaniladi. Bunday ma’lumotlar manbalariga sun’iy yo‘ldoshlar, dronlar, videokuzatuv kameralari, mobil qurilmalar va boshqa raqamli kuzatuv vositalari kiradi. Olingan tasvirlar kompyuter ko‘rish algoritmlari yordamida qayta ishlanib, ekologik obyektlar va hodisalar aniqlanadi.

Kompyuter ko‘rish texnologiyalaridan foydalanish atrof-muhitni muhofaza qilish jarayonlarini raqamlashtirishning muhim yo‘nalishlaridan biridir. Sun’iy yo‘ldoshlar, dronlar va kuzatuv kameralaridan olinadigan tasvirlarni avtomatik tahlil qilish ekologik holatni tezkor baholash imkonini beradi.

Kompyuter ko‘rish texnologiyalaridan foydalanish jarayoni quyidagi asosiy bosqichlarda amalga oshiriladi:



3-rasm. Atrof-muhitni monitoring qilish jarayonida kompyuter ko‘rish texnologiyasidan foydalanish modeli

Sun’iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish atrof-muhitni muhofaza qilish jarayonlarini yangi bosqichga olib chiqish imkonini beradi. Mashinali o‘qitish, neyron tarmoqlar, kompyuter ko‘rish, katta ma’lumotlar va IoT texnologiyalarining integratsiyasi ekologik monitoringni avtomatlashtirish, ekologik xavflarni erta aniqlash va samarali boshqaruv qarorlarini qabul qilish imkonini yaratadi.

Taklif etilgan sun’iy intellekt asosidagi ekologik himoya modeli ma’lumotlarni yig‘ish, qayta ishlash, tahlil qilish, prognozlash va qaror qabul qilish bosqichlarini yagona axborot tizimida birlashtirishga asoslangan.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Russell, S., & Norvig, P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. – Pearson, 2021.

2. Abdullayev A. Axborot texnologiyalari va tizimlari. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2020.

3. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход. – М.: Вильямс, 2021.

4. Потапов А.С. Искусственный интеллект и машинное обучение**.** – М.: Юрайт, 2022.

FORECASTING ATMOSPHERIC PM2.5 PARTICLE CONCENTRATIONS USING QUANTUM SUPPORT VECTOR REGRESSION

Prof. Sazzad Hossain
Section 4. Environmental protection using artificial intelligence and data analysis Sharof Rashidov Samarkand State University,
Professor, Department of Control Theory and Information Security, PhD
PhD Sayidqulov Asliddin Khusniddin ugli
Sharof Rashidov Samarkand State University, Associate Professor, Department of Artificial Intelligence and Information Systems, PhD
Shukurov Bekzod
Sharof Rashidov Samarkand State University, Student, Institute of Artificial Intelligence and Digital Technologies Tel.: +998 93 728 68 67; e-mail: asliddin.sayidqulov@gmail.com

Abstract. This paper compares quantum support vector regression (QSVR) with classical support vector regression (SVR) and a long short-term memory (LSTM) network for forecasting the daily concentration of airborne PM2.5 particles under small training-sample conditions. Experiments were carried out on the open UCI Beijing PM2.5 dataset with training samples of 50, 100 and 200 observations, each repeated five times with random sampling. QSVR achieved accuracy close to that of classical SVR in all settings and was more accurate and more stable than LSTM on small samples; the performance of the quantum kernel was found to depend strongly on its bandwidth parameter.

Keywords: quantum machine learning, quantum kernel, QSVR, PM2.5, air quality, forecasting, small data, LSTM.

Introduction

Suspended particles with a diameter below 2.5 micrometres (PM2.5) penetrate deep into the lungs through the respiratory tract and raise the risk of cardiovascular and respiratory diseases. In 2021 the World Health Organization lowered its annual mean guideline for PM2.5 to 5 μg/m³ [8]. Forecasting PM2.5 levels several days ahead is therefore an important tool for warning the public, managing transport and heating systems, and planning green-economy policy in large cities.

Statistical models, support vector regression (SVR) [3] and deep learning models such as LSTM [4, 10] are widely used for PM2.5 forecasting. Deep learning models, however, require large and continuous data, whereas in many regions monitoring stations are scarce and the observation series contain gaps. Quantum kernel methods map data into an exponentially large Hilbert space and can represent complex dependencies even with small samples [1, 2]. At the same time, quantum kernels are not guaranteed to outperform classical kernels on practical problems [6, 7]. The aim of this work is to provide an unbiased

comparison of QSVR with classical SVR and LSTM for PM2.5 forecasting on small training samples.

Data and methods

Data. The study uses the Beijing PM2.5 dataset from the UCI open repository [5], which contains hourly PM2.5 concentrations and meteorological measurements for 2010–2014. Hourly values were aggregated to daily means (only days with at least 18 hourly observations were kept), yielding a series of 1645 days. Six features were constructed for each day: PM2.5 values of the two preceding days (y_{-1}, y_{-2}), dew point, air temperature, atmospheric pressure, and the logarithm of the daily maximum of cumulative wind speed. Meteorological variables for the forecast day were assumed to be available from a weather forecast. Data for 2010–2013 (1113 days) served as the pool for training samples, and the year 2014 (307 days) was used as a common test set for all models.

Quantum support vector regression. In QSVR the kernel function of classical SVR is replaced by a quantum kernel. Each feature vector x, after normalisation to [0, 1], is encoded as rotation angles $\alpha\pi x$ into a 6-qubit ZZFeatureMap circuit (2 repetitions, linear entanglement), producing the quantum state $|\varphi(x)\rangle$. The kernel value is computed as the state fidelity: $k(x, x') = |\langle\varphi(x)|\varphi(x')\rangle|^2$. The prediction takes the standard SVR form $f(x) = \Sigma_i (\alpha_i - \alpha_i^*) k(x_i, x) + b$. Here the coefficient α controls the bandwidth of the quantum kernel [6]. Computations were performed with the statevector simulator of the Qiskit 2.x library [9].

Baseline models. Classical SVR used an RBF kernel. The LSTM model consisted of a single layer with 32 hidden units and received a sequence of the last 7 days of PM2.5 and meteorological data; it was trained with the Adam optimiser and early stopping on 20 % of the training sample. Hyperparameters of SVR and QSVR (C, ε, and γ or α) were selected by 5-fold cross-validation within the training sample only.

Experimental design. To simulate small-data conditions, training samples of N = 50, 100 and 200 days were drawn at random from the 2010–2013 pool. Each sample size was repeated with five different random samples, and results are reported as mean ± standard deviation. Root mean squared error (RMSE), mean absolute error (MAE) and the coefficient of determination (R^2) were used as evaluation metrics. A simple persistence forecast (tomorrow equals today) was also computed for reference.

Results and discussion

Table 1. Forecast accuracy on the 2014 test set (mean ± standard deviation over 5 repetitions; the lowest RMSE for each N is shown in bold)

Sample size, N	Model	RMSE, μg/m³	MAE, μg/m³	R^2
50	QSVR	62.8 ± 8.5	44.1 ± 4.5	0.420 ± 0.153
	SVR	**62.0 ± 8.2**	**42.8 ± 4.8**	**0.435 ± 0.145**

Sample size, N	Model	RMSE, µg/m³	MAE, µg/m³	R²
	LSTM	67.9 ± 10.6	50.5 ± 5.6	0.318 ± 0.216
100	QSVR	59.4 ± 6.0	41.8 ± 3.2	0.484 ± 0.106
	SVR	**58.4 ± 5.0**	**41.1 ± 3.3**	**0.503 ± 0.085**
	LSTM	62.6 ± 8.3	46.9 ± 6.4	0.424 ± 0.156
200	QSVR	52.6 ± 5.3	37.0 ± 2.8	0.595 ± 0.086
	SVR	**50.6 ± 2.5**	**36.1 ± 1.9**	**0.628 ± 0.037**
	LSTM	54.0 ± 5.1	40.0 ± 3.6	0.575 ± 0.083
Persistence forecast ($\hat{y}_t = y_{t-1}$)		71.3	49.8	0.262

Note: the test set (307 days) is identical for all models and repetitions.

Table 1 shows that all three models are substantially more accurate than the persistence forecast: for example, at N = 200 the RMSE of QSVR is 26 % lower than that of the persistence forecast. The results of QSVR and classical SVR are very close for all sample sizes: the RMSE difference is 0.8–2.0 µg/m³ and stays within the standard deviation. At the level of individual repetitions, QSVR gave the best result in 4 of the 15 experiments.

On the smallest samples QSVR showed a clear advantage over LSTM: at N = 50 the RMSE was 62.8 versus 67.9 µg/m³, and R² was 0.420 versus 0.318. In addition, the spread of LSTM results (standard deviation of R² 0.216) is larger than that of QSVR (0.153), indicating that the neural network is unstable on small data. When the sample size reaches 200, the gap between the models narrows (Fig. 1, a).

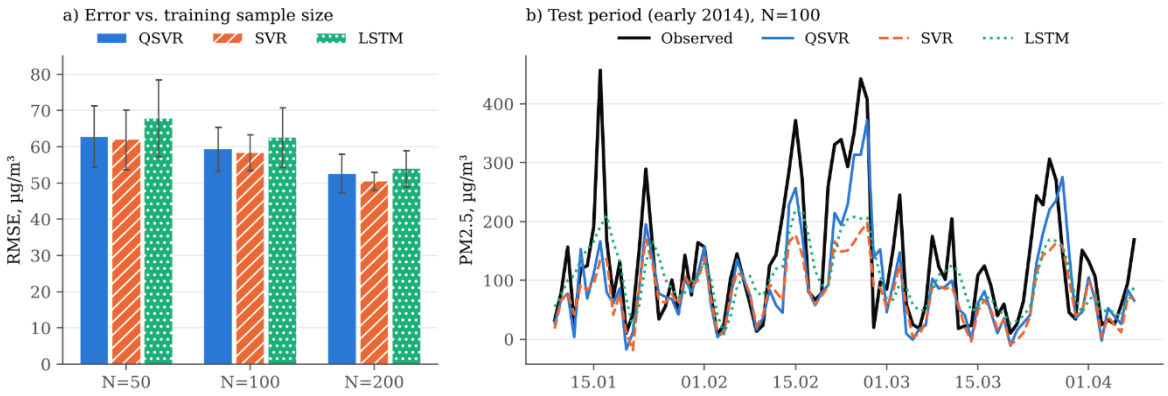


Fig. 1. a) RMSE as a function of training sample size (mean over 5 repetitions, bars show standard deviation); b) observed and forecast values in a single repetition with N = 100 (first 90 observations of the test period).

An important observation is the decisive role of the quantum kernel bandwidth. In preliminary experiments with α = 0.25–1.0 the RMSE of QSVR reached 68–85 µg/m³, in most cases worse than the persistence forecast. Cross-validation selected small values (α = 0.01–0.05) in all repetitions, and only then did QSVR become competitive. This agrees with theoretical results showing that

at large α the off-diagonal kernel values concentrate near zero and the model loses its ability to generalise [6, 7]. At the same time, the results do not confirm a quantum advantage: on average QSVR performed at the level of classical SVR. The limitations of the work are that the computations were carried out on a simulator (noise of real quantum hardware was not taken into account), that computing the quantum kernel scales quadratically with the number of samples, and that the experiments were performed on data from a single city.

Conclusion and recommendations

The results show that QSVR based on a 6-qubit quantum kernel achieves accuracy on par with classical SVR in daily forecasting of airborne PM2.5 concentration and yields more accurate and more stable results than LSTM on small samples of 50–100 observations. The effectiveness of the quantum kernel depends directly on the correct choice of its bandwidth parameter.

Scientific and practical recommendations:

1) In regions with few monitoring stations and short observation series (including the regional centres of Uzbekistan), kernel methods (SVR, QSVR) are recommended for PM2.5 forecasting instead of deep neural networks, since they are more stable on small data.

2) When applying quantum kernel methods to practical environmental problems, the kernel bandwidth (α) must be selected by cross-validation and the result must always be compared with a classical kernel; otherwise the model may perform worse than even a simple persistence forecast.

3) It is advisable to introduce a daily PM2.5 warning module integrated with meteorological forecasts into environmental and urban management systems, and in future to test QSVR on real quantum processors and on local monitoring data.

References

1. Havlíček V., Córcoles A.D., Temme K. et al. Supervised learning with quantum-enhanced feature spaces // Nature. – 2019. – Vol. 567. – P. 209–212.
2. Schuld M., Killoran N. Quantum machine learning in feature Hilbert spaces // Physical Review Letters. – 2019. – Vol. 122. – 040504.
3. Drucker H., Burges C.J.C., Kaufman L., Smola A., Vapnik V. Support vector regression machines // Advances in Neural Information Processing Systems 9. – 1997. – P. 155–161.
4. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long short-term memory // Neural Computation. – 1997. – Vol. 9, No. 8. – P. 1735–1780.
5. Liang X., Zou T., Guo B. et al. Assessing Beijing‘s PM2.5 pollution: severity, weather impact, APEC and winter heating // Proceedings of the Royal Society A. – 2015. – Vol. 471. – 20150257.
6. Shaydulin R., Wild S.M. Importance of kernel bandwidth in quantum machine learning // Physical Review A. – 2022. – Vol. 106. – 042407.
7. Thanasilp S., Wang S., Cerezo M., Holmes Z. Exponential concentration in quantum kernel methods // Nature Communications. – 2024. – Vol. 15. – 5200.

8. WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. – Geneva: World Health Organization, 2021.

9. Javadi-Abhari A., Treinish M., Krsulich K. et al. Quantum computing with Qiskit // arXiv:2405.08810. – 2024.

10. Li X., Peng L., Yao X. et al. Long short-term memory neural network for air pollutant concentration predictions: method development and evaluation // Environmental Pollution. – 2017. – Vol. 231. – P. 997–1004.

ALGORITHMS FOR SUPPORTING CROP CLASSIFICATION THROUGH INTELLIGENT ANALYSIS OF SOIL DATA USING ENSEMBLE LEARNING AND SHAP INTERPRETATION

[1]Axatov Abror Askar o‘g‘li, [2]Shukurov Bekzod
Samarkand State University named after Sharof Rashidov
[1]axatov_abror@samdu.uz, [2]bekzodjon0701@gmail.com

Abstract. *This study examines the development of artificial intelligence models for crop recommendation based on the intelligent analysis of soil properties. For the classification stage, K-Nearest Neighbors (KNN), Random Forest, and XGBoost models were applied. The results confirm that sound data preparation and a well-designed model optimization strategy are essential for making accurate crop recommendations across diverse agro-ecological conditions.*

Keywords: *Machine learning, artificial intelligence, soil fertility, crop classification, feature importance, SHAP.*

INTRODUCTION. In recent years, artificial intelligence and machine learning have become key tools for supporting decision-making across many fields, and agriculture is no exception. Decisions on crop recommendation, yield estimation, and efficient resource use increasingly rely on real-world data, and many countries are introducing intelligent systems into their agricultural sectors. In this context, training machine learning algorithms on data from soil sensors to build AI models has become common [1]. The main stages of this process are shown in Figure 1 below:

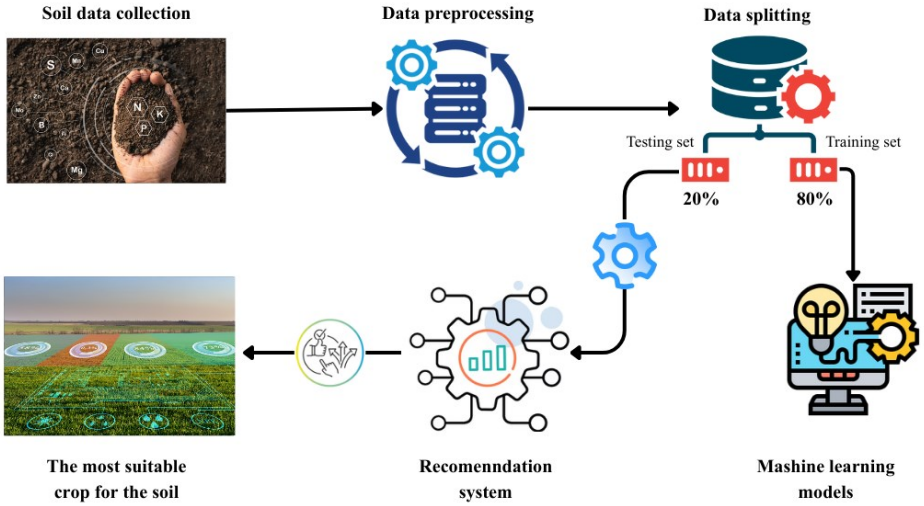


Figure 1. Approaches to recommending suitable crops for agricultural fields through intelligent analysis of soil data using machine learning algorithms.

Choosing the right algorithm is one of the key issues in the model-building process. Methods such as logistic regression, KNN, decision trees, and Random Forest perform well on many classification problems. However, when working with structured data, models based on gradient boosting have shown high accuracy and stability in recent years. Ensembles such as XGBoost, LightGBM, and CatBoost stand out for their ability to capture complex relationships, reduce overfitting, and deliver computational efficiency. For this reason, these ensemble approaches are widely used, particularly in developing practical recommendations, forecasting, and classification tasks [2].

METHODOLOGY. The soil dataset used in this study consists of the physical and chemical properties of soil. The descriptive statistics of the numerical variables in this dataset are presented as a table in Figure 2 below:

	CF (%)	Soil Density (g/cm³)	pH	EC (mS/cm)	N (mg/kg)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Humus (%)	Mg (mg/kg)	S (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Mn (mg/kg)	B (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Microorganisms (CFU/g)
count	17893	17814	17967	17854	17966	17945	17995	17837	17882	17848	17641	17722	17780	17679	17779	1,72E+04
mean	26	2,94	6,88	1,63	65,6	35,34	192,78	1,7	177,78	28,77	20,93	57,95	0,94	94,77	6,35	2,48E+08
std	5,79	5,62	0,73	1,06	51,89	24,97	113,15	0,83	114,11	49,28	20,57	60,67	0,75	84,1	6,14	4,91E+08
min	6,84	1	4,55	0,09	0	1,07	4	0	0,3	4	0	0,96	0	0,95	0	1,00E+04
25%	22,43	1,27	6,35	0,94	21,91	16,96	118,07	1,05	99,6	12,71	1,91	9,4	0,55	14,81	1,03	1,43E+06
50%	25,67	1,37	6,7	1,47	45,05	25,53	168,03	1,53	138,85	19,04	17,96	30,24	0,75	86	2,97	1,89E+07
75%	29,2	1,5	7,4	1,94	109,66	51,73	238,29	2,26	231,26	29,14	36,1	96,35	1,1	145,57	11,17	1,91E+08
max	46,22	29,97	9	5,65	199,98	171	1665	5,68	519,72	505,41	85,47	349,75	17,46	400	33,91	3,05E+09

Figure 2. Descriptive statistics of the numerical variables in the dataset (mean, standard deviation, minimum and maximum values, and quartiles).

Crop types were selected as the target variable in the dataset. Seven crop types were taken as classes in the target variable: Wheat, Maize, Carrot, Bean, Pepper, Potato, and Cotton. The 19 soil properties required by these crops were defined as the independent variables. The dataset contains a total of 18,345 rows, and the total number of recorded values across all entries is 337,612. The general characteristics of the dataset are presented in Table 1 below.

Table 1. General characteristics of the dataset.

Indicator	Number of Features	Number of Observations	Number of Classes	Numerical Features	Categorical Features	Missing Values (NaN)	Outliers
Count	20	337612	7	16	4	10454	11436

Before training, the data were preprocessed: missing (NaN) values were imputed, categorical variables were encoded, features were normalized, and outliers were detected. The resulting dataset was used to train and evaluate KNN, Random Forest, and XGBoost classifiers [3].

SHAP. High accuracy alone is not always enough for machine learning models; in practice, it is also important to understand why a model reached a particular decision. For this reason, the SHAP (SHapley Additive exPlanations) approach was applied in this study to explain the results of the XGBoost model. Drawing on Shapley values from cooperative game theory, SHAP determines how much each feature contributes to the model's prediction. The Shapley value for feature *j* is defined as follows:

$$\phi_j = \sum_{S \subseteq F \setminus \{j\}} \frac{|S|!(|F|-|S|-1)!}{|F|!} \cdot \left[f(S \cup \{j\}) - f(S) \right] \quad (1)$$

In the above formula 1, *F* is the set of all characters, *S* is a subset that does not contain character *j*, and *f(S)* denotes the prediction based only on characters *S*. The difference part represents the additional contribution of character $\left[f(S \cup \{j\}) - f(S) \right]$. An important feature of SHAP is its additivity. That is, the final prediction is expressed as the sum of the base value and the contributions of all characters, as follows:

$$\hat{y}_j = E\left[\hat{y}\right] + \sum_{j=1}^{p} \phi_j(x_i) \quad (2)$$

where $E\left[\hat{y}\right]$ is the mean prediction or baseline value. The given expression 2 explains the model decision for each observation by breaking it down into its individual components. To estimate the global significance, the mean absolute value of the SHAP values for all observations is taken. This process can be seen in the following expression 3:

$$\hat{\mathrm{G}}_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} \left| \phi_j(x_i) \right| \quad (3)$$

This metric makes it possible to determine how strongly a given feature influences the model's decisions as a whole. As a result, the model yields

outcomes that are not only highly interpretable but also scientifically well grounded [4].

RESULTS. In the experiments, the number of neighbors for the KNN model was set to $k = 7$, and the number of trees in the Random Forest ensemble was set to $B = 100$. XGBoost was trained with standard parameters: the number of trees $K = 100$, a learning rate of $\eta = 0.1$, and a maximum depth of $D = 10$. The classification results achieved by the different models are presented in Table 4 below:

Table 4. Classification performance of the machine learning algorithms across different metrics

Model	Parameters	Val Acc.	Test Acc.	Precision	Recall	F1-macro	AUC
KNN	$k = 7$	0.8677	0.8622	0.8668	0.8621	0.8617	0.9788
Random Forest	$B = 100$	0.8958	0.8896	0.8974	0.8895	0.8907	0.9901
XGBoost	$K= 100$, $\eta = 0.1$	0.9101	0.9163	0.9082	0.9077	0.9078	0.9949

The SHAP analysis for the XGBoost model was performed on 2,000 test samples. This analysis identified which soil properties the model relies on most when classifying crops and how strongly they influence the output. Feature importance was assessed using global SHAP values and the beeswarm distribution. These SHAP values and feature importances are shown in Figure 3 below.

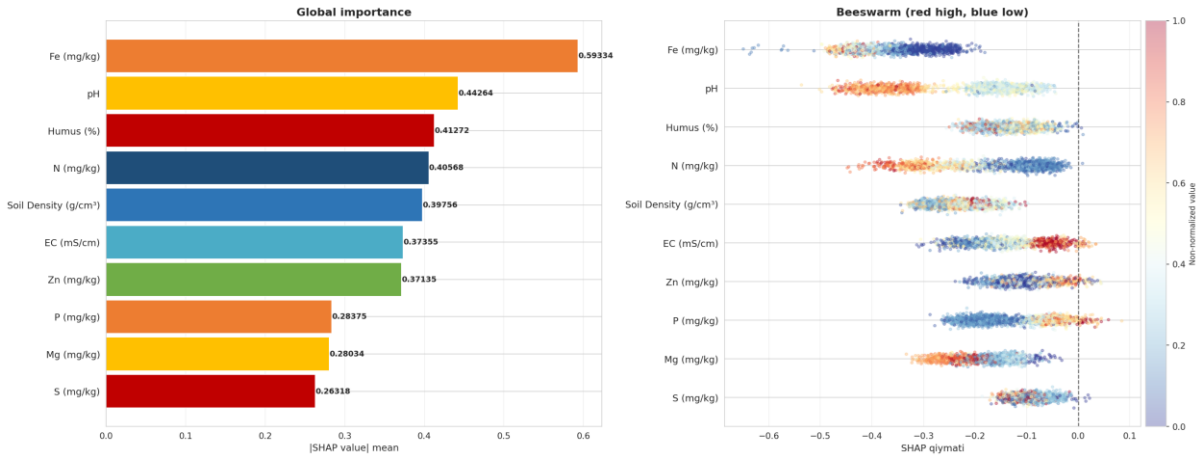


Figure 3. SHAP feature importance and beeswarm analysis for the optimized XGBoost model.

According to the SHAP results, the feature with the greatest influence on the model's decisions was Fe (mg/kg), with a mean absolute SHAP value of 0.59. Traditional agrochemical literature identifies the macronutrients N, P, and K as

the principal nutrient elements for crops. However, the low solubility of iron and zinc in the carbonate-rich soils of Central Asia helps explain why soil Fe content can serve as an important discriminating indicator for agricultural crops. In this regard, Elavarasan and Vincent showed that the iron index also plays a major role in yield prediction in similar calcareous soils of South Asia. Next in order were pH, Humus (%), N (mg/kg), and Soil Density (g/cm³). In the global importance plot, these features had the highest influence, while the beeswarm analysis showed that their effect on the model output is nonlinear. This indicates that soil parameters have a complex, interdependent relationship with crop types.

CONCLUSION. This study examined how data preparation and the machine learning workflow for classifying crop types from various soil properties can be organized on a methodologically sound basis. It was found that carrying out the data processing steps in the correct sequence makes model evaluation more objective and gives a more reliable picture of real-world performance. At the same time, the conclusions should be interpreted within the scope of this dataset and these experimental conditions.

REFERENCES

1. K. G. Liakos, P. Busato, D. Moshou, S. Pearson, and D. Bochtis, "Machine Learning in Agriculture: A Review," Sensors, vol. 18, no. 8, p. 2674, Aug. 2018, doi: 10.3390/s18082674.

2. T. Van Klompenburg, A. Kassahun, and C. Catal, "Crop yield prediction using machine learning: A systematic literature review," Computers and Electronics in Agriculture, vol. 177, p. 105709, Oct. 2020, doi: 10.1016/j.compag.2020.105709.

3. A. Akhatov and at al., "Ensemble Machine Learning Algorithms for Crop Types Classification Based on Intelligent Detection of Soil Properties," 2025 International Russian Automation Conference (RusAutoCon), Sochi, Russian Federation, 2025, pp. 691-696, doi: 10.1109/RusAutoCon65989.2025.11177338.

4. Hernandez, J.I., van Cranenburgh, S., de Bruin, M. et al. Using XGBoost and SHAP to explain citizens' differences in policy support for reimposing COVID-19 measures in the Netherlands. Qual Quant 59, 381–409 (2025). https://doi.org/10.1007/s11135-024-01938-2

TAQSIMLANGAN TIZIMLARDA NOANIQ SHUBHALI MA'LUMOTLARNI ANIQLASHNING SUN'IY NEYRON TARMOQLI MODELI

Nazarov F.M., Nishonova M.Q., Musurmonova I.

Samarqand davlat universiteti Texnika fanlari doktori, dotsent fayzullo-samsu@mail.ru

Annotatsiya. Mazkur tadqiqot ishida taqsimlangan tizimlarda noaniq shubhali ma’lumotlarni aniqlashning sun’iy neyron tarmoqli modelini ishlab chiqish masalasi hal qilingan. Bunda to‘lov tizimlarida to‘lov ma’lumotlarini monitoring qilish, shubhali tranzaksiyalarni aniqlash uchun LSTM neyron tarmog‘ining arxitekturasi ishlab chiqilgan va samaradorlik ko‘rsatkichi aniqlangan. LSTM neyron tarmog‘i asosida shubhali ma’lumotlarni oldindan aniqlash imkoni yaratiladi va bu asosida to‘lov ma’lumotlarini monitoring qilish samaradorligi oshiriladi.

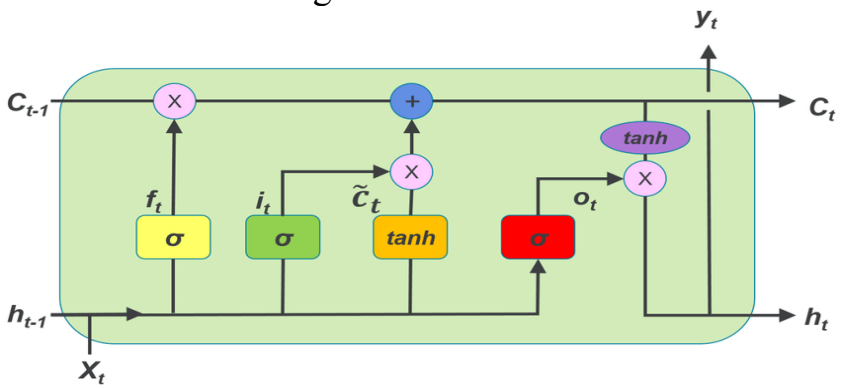
Kalitli so‘zlar. To‘lov tizimlari, taqsimlangan tizimlar, LSTM neyron tarmog‘i, shubhali tranzaksiya, to‘lov ma’lumotlari.

To‘lov ma’lumotlari tizimdagi noaniq shubhali ma’lumotlarni aniqlash uchun chuqur o‘qitish texnologiyalarini qo‘llash samarali natijalarga olib keladi. To‘lov ma’lumotlarini monitoring qilish tizimlarida shubhali tranzaksiyalarni aniqlashda neyron tarmoqlardan foydalanish samarali usullardan biri hisoblanadi. Ushbu tarmoqlar murakkab ma’lumotlar to‘plamlari asosida bashorat qilish qobiliyati tufayli shubhali tranzaksiyalarni aniqlashda muhim bo‘lgan anomaliyalarni aniqlash kabi vazifalar uchun keng qo‘llaniladi.

Dastlab LSTMning kuchli tomonlaridan foydalanish uchun tranzaksiya ma’lumotlari ketma-ketlikda tashkil qilinadi. Odatda, ketma-ketliklar *user_id* bo‘yicha guruhlanadi va *timestamps* bo‘yicha tartiblanadi. Ma’lum bir foydalanuvchi tomonidan amalga oshirilgan barcha operatsiyalar ketma-ketlikni shakllantirish uchun xronologik tartibda tartibga solinadi.

$$X_u = [x_{u,1}, x_{u,2}, \ldots, x_{u,T_u}]$$

Bunda u noyob foydalanuvchini ifodalaydi, T_u – u foydalanuvchi uchun tranzaksiyalar soni, $x_{u,t}$ - u foydalanuvchining t – tranzaksiyasi uchun xususiyat vektori. LSTM birligi axborot oqimini tartibga soluvchi bir nechta komponentlardan iborat: kirish eshigi (input gate), unutish eshigi (forget gate), chiqish eshigi (output gate) va hujayra holati (cell state) qismlardan tashkil topgan. Quyida har bir komponent uchun matematik formulalar va LSTM tarmog‘i arxitekturasi tasviri keltirilgan.



1-rasm. Noaniq shubhali ma’lumotlarni aniqlash uchun LSTM tarmog‘ining arxitekturasi

1. LSTM arxitekturasi. Har bir *t* vaqt qadami uchun x_t kirish vektori, h_{t-1} oldingi yashirin holat va C_{t-1} oldingi hujayra holati hisoblanadi.

Input Gate (i_t) hujayra holatiga qancha yangi ma'lumot tushishini nazorat qiladi.

$$i_t = \sigma(W_i[h_{t-1}, x_t] + b_i)$$

Forget Gate (f_t) oldingi hujayra holatining qancha qismini saqlab qolish kerakligini aniqlaydi.

$$f_t = \sigma(W_f[h_{t-1}, x_t] + b_f)$$

Output Gate (o_t) hujayra holatining qancha qismi yashirin holatga ta'sir qilishini nazorat qiladi.

$$o_t = \sigma(W_o[h_{t-1}, x_t] + b_o)$$

Cell Candidate ($\widetilde{C}_t$)

$$\widetilde{C}_t = \tanh(W_C[h_{t-1}, x_t] + b_C)$$

Cell State Update (C_t) oldingi holat va yangi nomzod qiymatlarini birlashtirib, hujayra holatini yangilaydi.

$$C_t = f_t * C_{t-1} + i_t * \widetilde{C}_t$$

Hidden State h_t joriy vaqt qadami uchun chiqish hosil qiladi.

$$h_t = o_t * \tanh(C_t)$$

bunda σ sigmoida faollashtirish funksiyasi, *tanh* giperbolik tangens funksiyasi va * element bo‘yicha ko‘paytirishni bildiradi [22; 23; 134-137-b., 105; 50-115-b.].

LSTM qatlamlari orqali kirish ketma-ketligini qayta ishlagandan so‘ng, oxirgi yashirin holat h_T (bu erda T - oxirgi vaqt bosqichi) odatda ikkilik tasniflash uchun sigmoida faollashtirish funksiyasi bilan zich (to‘liq bog‘langan) qatlam orqali o‘tkaziladi (shubhali yoki yo‘q).

$$\hat{y} = \sigma(W_y h_T + b_y)$$

Bunda W_y va b_y - chiqish qatlamining og‘irliklari va ozod hadlari(bias), $\hat{y}$ - tranzaksiyaning shubhali bo‘lishining taxmin qilingan ehtimoli.

Parametrlarni yangilash. Neyron tarmoqlaridagi o‘qitish jarayonida yo‘qotish funksiyasini minimallashtirish uchun model parametrlarini iterativ ravishda yangilash kerak bo‘ladi. Bu odatda gradient tushish deb ataladigan usul yordamida amalga oshiriladi, bu yerda model parametrlariga nisbatan yo‘qotish funksiyasining gradientlari parametrlarda kichik tuzatishlar kiritish uchun ishlatiladi.

To‘lov ma'lumotlarini monitoring qilish tizimlarida LSTM tarmoqlariga asoslangan noaniq shubhali tranzaksiyalarni aniqlash algoritmlari eksperimental ma'lumotlar to‘plami asosida ishlab chiqildi va giperparametrlar sozlandi. Natijada modelning aniqliligi Accuracy bo‘yicha 95% natijani qayd qildi.

Natijada LSTM neyron tarmog‘i asosida ishlab chiqilgan algoritm yordamida tizimdagi noaniq shubhali ma’lumotlarni, to‘lov tizimlarida shubhali tranzaksiyalarni aniqlash imkoni yaratiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1.Balobid A. M., Binamro J. S., Yohannes S. T. and Kaddoura S., “Evaluation of Supervised Machine Learning Approaches for Credit Card Fraud Detection,” 2022 14th Annual Undergraduate Research Conference on Applied Computing (URC), Dubai, United Arab Emirates, 2022, pp. 1-6, doi: 10.1109/URC58160.2022.10054229.

2.Dam K.W., Lin H. S. Cryptography’s Role in Securing the Information Society // National Academy Press. Washington, -pp.156-165. D.C. 1996.

3.Distributed ledger technology in payments, clearing, and settlement. Finance and Economics Discussion Series 2016-095. Washington: Board of Governors of the Federal Reserve System, -pp.34. https://doi.org/10.17016/FEDS.2016.095. 2016.

4.Dileep M. R., Navaneeth A. V. and Abhishek M., “A novel approach for credit card fraud detection using decision tree and random forest algorithms”, 2021 Third International Conference on Intelligent Communication Technologies and Virtual Mobile Networks (ICICV), pp. 1025-1028, February 2021.

SUN’IY INTELLEKT VA MASHINAVIY O‘QITISH ALGORITMLARI ASOSIDA ATROF-MUHIT HOLATINI MONITORING QILISH

Suyarov Akram Musayevich Samarqand iqtisodiyot va servis instituti Axborot texnologiyalari kafedrasi dotsenti, akramsuyarov@mail.ru

Suvonov Sunnatbek Shoto‘ra o‘g‘li. Samarqand iqtisodiyot va servis instituti

Axborot texnologiyalari kafedrasi stajyor-assistenti suvonov.is.me@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqola tajriba natijalarini da’vo qilmaydi; u nufuzli ilmiy manbalar, xalqaro tavsiyalar va O‘zbekistonning ekologik siyosat hujjatlarini qiyosiy tahlil qilishga tayangan nazariy-amaliy ishdir. Tahlilda havo sifati va boshqa ekologik vaqt qatorlarini qayta ishlashda Random Forest, XGBoost va LSTM kabi modellar qaysi sharoitda maqsadga muvofiq bo‘lishi ko‘rib chiqildi. Asosiy xulosa shuki, ekologik monitoringda model tanlashning o‘zi yetarli emas: sensor sifati, vaqt va makon bo‘yicha ma’lumot uzluksizligi, modelning davriy tekshirilishi hamda mutaxassis nazorati natijaning ishonchliligini belgilaydi.

Kalit so‘zlar: sun’iy intellekt, mashinaviy o‘qitish, ekologik monitoring, havo sifati, Random Forest, XGBoost, LSTM, ma’lumot sifati.

Kirish

Atrof-muhit monitoringida raqamli texnologiyalardan foydalanish masalasi ko‘pincha “ko‘proq ma’lumot – yaxshiroq qaror” tamoyili bilan izohlanadi. Amalda esa ma’lumot hajmi katta bo‘lishi uning sifatli ekanini anglatmaydi.

Sensorning noto‘g‘ri kalibrlanishi, uzilib qolgan vaqt qatori yoki meteorologik omillar hisobga olinmasligi model xulosasini buzishi mumkin. Shu sababli sun’iy intellektni ekologik monitoringga joriy etishda algoritmdan oldin ma’lumotning kelib chiqishi, o‘lchash usuli va nazorat tartibini aniqlash muhim deb hisoblayman.

WHOning 2021-yilgi havo sifati bo‘yicha global qo‘llanmasi PM2.5, PM10, ozon, azot dioksidi, oltingugurt dioksidi va uglerod oksidini sog‘liq uchun muhim ifloslantiruvchilar sifatida ajratadi [1]. O‘zbekistonning 2030-yilgacha atrof-muhitni muhofaza qilish konsepsiyasida esa atmosfera havosi, suv, yer va boshqa tabiiy obyektlarni antropogen ta’sirdan himoya qilish hamda innovatsion texnologiyalarni joriy etish ustuvor vazifalar qatorida belgilangan [7]. Bu ikki manba texnologik yechimning maqsadini aniq ko‘rsatadi: model “murakkab” bo‘lishi uchun emas, kuzatuvni ishonchli va tezkor qilish uchun qo‘llanishi kerak.

Tadqiqot yondashuvi

Maqolada adabiyotlarni qiyosiy tahlil qilish usuli qo‘llandi. Bir tomondan, Yer tizimi va iqlim ma’lumotlarida chuqur o‘rganishning imkoniyatlari haqidagi ishlar [2, 3], ikkinchi tomondan, klassik mashinaviy o‘qitish algoritmlarining xususiyatlari [4–6] ko‘rib chiqildi. Tahlil mezonlari sifatida ma’lumot turi, izohlanish darajasi, vaqt qatoriga mosligi, hisoblash talabi va amaliy monitoringdagi nazorat imkoniyati olindi.

Ilmiy manbalar tahlilidan kelib chiqadigan asosiy fikrlar

Reichstein va hammualliflar Yer tizimi fanlarida chuqur o‘rganish fazoviy-vaqtli bog‘lanishlarni avtomatik o‘rganish imkonini berishini ta’kidlaydi, biroq fizik jarayonlar haqidagi bilimni ma’lumotga asoslangan model bilan birlashtirish zarurligiga ham urg‘u beradi [2]. Menimcha, ekologik monitoring uchun aynan shu nuqta muhim: model prognozi fizik jihatdan mantiqsiz bo‘lsa, yuqori statistik aniqlikning o‘zi yetarli dalil bo‘la olmaydi.

Rolnick va hammualliflarning keng qamrovli sharhida mashinaviy o‘qitish iqlim va ekologik muammolarda foydali vosita sifatida ko‘rsatiladi, lekin u soha mutaxassislari bilan hamkorlikda qo‘llangandagina real ta’sir ko‘rsatishi qayd etiladi [3]. Shundan kelib chiqib, ekologik monitoringda SI “avtomatik hukm chiqaruvchi” emas, balki katta oqimdagi ma’lumotdan shubhali nuqtalar, tendensiyalar va xavf belgilarini ajratib beruvchi yordamchi vosita sifatida qaralishi to‘g‘riroq.

Algoritm tanlashda ham yagona universal yechim yo‘q. Breimanning Random Forest usuli tasniflash va regressiyada shovqinga nisbatan barqaror ensemble yondashuvini beradi [4]. XGBoost gradient boostingni samarali va masshtablanuvchi tarzda amalga oshiradi [5]. LSTM esa ketma-ket ma’lumotlarda uzoq muddatli bog‘lanishlarni o‘rganishga mo‘ljallangan [6]. Shuning uchun “qaysi model eng yaxshi?” savolidan ko‘ra “qaysi ma’lumot uchun qaysi modelni nazorat qilib ishlatish mumkin?” savoli amaliyroqdir.

Masalan, sensorlardan kelayotgan jadvalli ma’lumotlarda daraxtga asoslangan modellar yaxshi boshlang‘ich nuqta bo‘lishi mumkin. Vaqt qatorida

bir necha soat yoki kun oldingi holat muhim bo‘lsa, LSTM yoki boshqa ketma-ketlik modeli sinab ko‘riladi. Masofadan zondlash tasvirlarida esa chuqur o‘rganishning tasvir xususiyatlarini avtomatik ajratish imkoniyati ustun bo‘lishi mumkin. Biroq har bir holatda oddiy bazaviy model bilan solishtirish saqlanib qolishi kerak.

Algoritmlarni qiyosiy baholash

Quyidagi jadval adabiyotlar tahlili asosida ekologik monitoringdagi uchta keng tarqalgan yondashuvni amaliy mezonlar bo‘yicha umumlashtiradi. Bu reyting emas; model tanlovi ma’lumot tuzilishi va vazifaga bog‘liq.

Model	Mos ma’lumot	Kuchli tomoni	Ehtiyot bo‘ladigan jihat
Random Forest	Jadvalli sensor ma’lumoti	Barqaror, belgilar muhimligini ko‘rsatadi	Vaqt bog‘lanishini alohida yaratish talab etiladi
XGBoost	Jadvalli, notekis va murakkab belgilar	Nolinear bog‘lanishlarda kuchli, masshtablanuvchi	Sozlamalar va ortiqcha moslashishni nazorat qilish kerak
LSTM	Ketma-ket vaqt qatori	Oldingi holatlarning uzoq ta’sirini o‘rganadi	Ko‘proq ma’lumot va hisoblash resursi talab qiladi

Jadvaldan ko‘rinadiki, ekologik monitoringda model murakkabligi maqsad emas. Agar oddiyroq model bir xil aniqlikni berayotgan bo‘lsa, uni tushuntirish, tekshirish va texnik xizmat ko‘rsatish osonroq bo‘ladi. Ayniqsa davlat yoki shahar monitoringida qaror qabul qiluvchi shaxs model nega ogohlantirish berganini tushuna olishi muhim.

Havo sifati misolida PM2.5 yoki PM10ning o‘zi yetarli bo‘lmasligi mumkin. Harorat, namlik, shamol tezligi va yo‘nalishi, mavsum hamda transport faolligi kabi omillar bilan birgalikdagi tahlil sabab va oqibatni yaxshiroq ajratishga yordam beradi. Bunday integratsiya mavjud bo‘lmasa, model mavsumiylikni “ifloslanish sababi” sifatida noto‘g‘ri qabul qilishi ehtimoli ortadi.

Mahalliy sharoit uchun yana bir masala – ma’lumotlarning uzluksizligi. Sensor almashtirilishi yoki kalibrlash usuli o‘zgarsa, oldingi va yangi davr ma’lumotlari bir xil taqsimotga ega bo‘lmasligi mumkin. Shu bois model aniqligi bir marta hisoblanib qolmasdan, vaqt o‘tishi bilan qayta tekshirilishi kerak.

Konseptual monitoring modeli

Manbalar tahliliga tayangan holda monitoring jarayonini besh ketma-ket bosqichda tashkil etish maqsadga muvofiq: 1) ma’lumot manbasini hujjatlashtirish; 2) sifat nazorati va sinxronlashtirish; 3) bazaviy hamda tanlangan ML modelini parallel baholash; 4) ogohlantirishni ekologik me’yor va tarixiy fon bilan tekshirish; 5) mutaxassis xulosasi va keyingi qayta o‘qitish uchun natijani arxivlash.

Birinchi bosqichda har bir sensor uchun qurilma turi, koordinata, o‘lchov birligi, kalibrlash sanasi va ma’lumot olish davri saqlanishi kerak. Ikkinchi bosqichda yetishmayotgan qiymatlar, keskin sakrashlar va vaqt belgisi xatolari ajratiladi. Uchinchida murakkab model oddiy bazaviy modeldan sezilarli ustunlik bermasa, murakkablikni oshirish shart emas. To‘rtinchida model bergan signal WHO tavsiyalari, milliy me’yorlar va hududning o‘z tarixiy diapazoni bilan solishtiriladi. Beshinchi bosqich esa “model nima dedi?” savolidan tashqari “mutaxassis qanday qaror qildi va nima uchun?” degan savolni ham saqlab qoladi.

Baholash ko‘rsatkichlari vazifaga mos tanlanadi. Tasniflashda precision, recall va F1, regressiyada MAE yoki RMSE ishlatilishi mumkin. Ekologik xavfni o‘tkazib yuborish oqibati yuqori bo‘lsa, faqat umumiy accuracyga tayanish noto‘g‘ri. Bundan tashqari, ma’lumot taqsimoti vaqt o‘tishi bilan o‘zgarganini aniqlash uchun model driftini kuzatish ham muhim.

Ushbu model real sensor tarmog‘ida eksperimental sinovdan o‘tkazilmagan. Shu sababli u tayyor mahsulot emas, pilot tajribani tashkil etish uchun metodik asos sifatida qaraladi; keyingi bosqichda mahalliy ma’lumotlarda algoritmlarni qiyosiy sinash zarur.

Ilmiy-nazariy ahamiyatga molik taklif va tavsiyalar

1. SI modelidan oldin sensor kalibrlashi, uzilishlar, vaqt sinxronizatsiyasi va meteorologik omillarni qamrab olgan ma’lumot sifati pasportini yuritish taklif etiladi.

2. Pilotda murakkab modelni oddiy bazaviy model bilan solishtirish va ekolog-mutaxassis tasdig‘ini saqlash tavsiya etiladi; amaliy ustunlik bo‘lmasa, tushunarliroq model tanlanadi.

Xulosa

Tahlil shuni ko‘rsatadiki, SI ekologik monitoringda foydali signalni tez ajratishga yordam beradi, ammo uning ishonchliligi ma’lumot sifati, fizik mantiq va mutaxassis nazoratiga bog‘liq. Random Forest, XGBoost va LSTM turli vazifalarda foydali bo‘lishi mumkin; asosiy masala algoritm nomi emas, monitoring jarayonini to‘g‘ri qurishdir.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. World Health Organization. WHO global air quality guidelines. Geneva: WHO, 2021. ISBN 978-92-4-003422-8.

2. Reichstein M. et al. Nature, 566 (2019):195–204. DOI: 10.1038/s41586-019-0912-1.

3. Rolnick D. et al. ACM Computing Surveys, 55(2), Article 42, 2022. DOI: 10.1145/3485128.

4. Breiman L. Machine Learning, 45 (2001):5–32. DOI: 10.1023/A:1010933404324.

5. Chen T., Guestrin C. KDD ’16, 2016:785–794. DOI: 10.1145/2939672.2939785.

6. Hochreiter S., Schmidhuber J. Neural Computation, 9(8), 1997:1735–1780. DOI: 10.1162/neco.1997.9.8.1735.

7. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti. PF-5863-son Farmon, 30.10.2019. LexUZ: 4574008.

SUNIY INTELLEKT, TEXNOLOGIYASI, YORDAMIDA EKOLOGIK MUAMMOLARNI ANIQLASH VA BOSHQARISH

Karimov Tolmasbek Xolmo‘min o‘g‘li
Samarqand iqtisodiyot va servis institute Axborot texnologiyalari kafedrasi assistenti e-mail: tolmasbekkarimov76@gmail.com tel.93-353-83-76

Annotatsiya: Mazkur maqolada ekologik midmorning zamonaviy texnologiyalar, xususan, suniy intellekt (SI) yordamida hal etilish imkoniyatlari tahlil qilingan. Sun’iy intellektning havo va suv sifatini nazorat qilish, chiqindilarni boshqarish, iqlim o‘zgarishini prognoz qilish va biologik xilma-xillikni saqlashdagi roli yoritilgan. Ilmiy adabiyotlar tahlili, komparativ va kontent tahlili metodlari asosida SI texnologiyalarining ekologik sohadagi amaliy qo‘llanilishi ko‘rib chiqilgan. Olimlar fikrlari va xalqaro tribular asosida sun’iy intellektning ekologik barqarorlikka hissa qo‘shishi asoslab berilgan.

Kalit so‘zlar: sun’iy intellekt, ekologik muammolar, iqlim o‘zgarishi, havo sifati, mashinali o‘rganish, ekologik monitoring, chiqindilar boshqaruvi.

Аннотация: В данной статье рассматриваются возможности применения современных технологий, в частности искусственного интеллекта (ИИ), для решения экологических проблем. Освещены функции ИИ в мониторинге качества воздуха и воды, управлении отходами, прогнозировании изменения климата и сохранении биоразнообразия.

Ключевые слова: искусственный интеллект, экологические проблемы, изменение климата, качество воздуха, машинное обучение, экологический мониторинг, управление отходами

Abstract: This article explores the potential of using modern technologies, particularly artificial intelligence (AI), to address environmental issues. The role of AI in air and water quality monitoring, waste management, climate change prediction, and biodiversity conservation is examined. Through literature review, comparative analysis, and content analysis methods, the practical application of AI in environmental management is discussed.

Keywords: Artificial intelligence, environmental issues, climate change, air quality, machine learning, environmental monitoring, waste management.

Ekologiya sohasida SI yordamida atrof-muhit rollatini monitoring qilish, ekologik xavflarni oldindan aniqlash, resurslardan oqilona foydalanish hamda barqaror rivojlanishni ta’minlashga qaratilgan samarali yechimlar ishlab chiqilmoqda. Shu jihatdan, sun’iy intellekt ekologik boshqaruv tizimlarining muhim tarkibiy qismiga aylanib bormoqda.Mazkur tadqiqotning dolzarbligi ekologik muammolarni hal etishda sun’iy intellekt texnologiyalarining imkoniyatlarini o‘rganish, ularning amaliy qo‘llanilish usullari va

yondashuvlarini tahlil qilish zarurati bilan belgilanadi. Tadqiqotning maqsadi ekologik jarayonlarni boshqarishda sun’iy intellektdan foydalanishning samarali usullarini aniqlash va ularning ilmiy-nazariy asoslarini yoritishdan iborat.

Shuningdek, maqolada sunnily intellekt asosida ecologic muammolarni hal qilishning zamonaviy yondashuvlari, jumladan, mashinaviy o‘qitish, ma’lumotlar tahlili, prognozlash modellari hamda aqlli monitoring tizimlari ko‘rib chiqiladi. Ushbu tadqiqot natijalari ekologik barbaralane ta’minlash va atrof-muhitni muhofaza qilish sohasida samarali qarorlar qabul qilishga xizmat qiladi. Bu muammolarning yanada chuqurlashib ketmasligi uchun ular ustidan zudlik bilan nazorat o‘rnatish, tezkor choralar ko‘rish va ilmiy yondashuv asosida hal qilish zarurati kun sayin ortib bormoqda. Shu nuqtai nazardan qaralganda, sun’iy intellekt (SI) ekologik muammolarni tahlil qilish va ularni hal etish yo‘lida nihoyatda samarali vositaga aylanmoqda. SI katta hajmdagi ekologik ma’lumotlarni tez va chuqur tahlil qilish, murakkab o‘zaro bog‘liqliklarni aniqlash, xavfli tendensiyalarni erta bosqichda aniqlab, ular bo‘yicha prognoz berish imkonini yaratadi. An’anaviy usullar ko‘p hollarda vaqt va resurslar talab qilsa, SI tezkorlik, aniqlik va barqarorlik bilan ajralib turadi. Sun’iy intellekt ekologik xavfsizlikni ta’minlashda, atrof-muhitga salbiy ta’sirni kamaytirishda va barqaror rivojlanishga erishishda zamonaviy ilm-fanning eng istiqbolli vositalaridan biriga aylanishi mumkin.

Sun’iy intellektning ekologik muammolarni hal qilishdagi o‘rni bo‘yicha olib borilganko‘plab ilmiy tadqiqotlar mavjud bo‘lib, ularning natijalariga ko‘ra, SI texnologiyalari ekologik monitoring, bashoratlash, ifloslanish nazorati va resurslarni boshqarish sohalarida keng imkoniyatlarga ega. Xususan, xorijlik olimlar Zhou va Vang Xitoyda daryolar va suv omborlaridagi suv sifatini SI orqali kuzatishgan va mashinali o‘rganish algoritmlari yordamida 87% aniqlikda ifloslanish darajasini prognozlash mumkinligini isbotlashgan. D.Rolnick, P.L.Donti, L.H.Kaack va J.Schneider kabi olimlar “The Role of Artificial Intelligence in Climate Change Prediction” nomli maqolada sun’iy intellektning iqlim o‘zgarishiga qarshi kurashdagi strategik imkoniyatlarini tahlil qilgan. BMTning Afrofuturist dasturi (2021) hisobotida esa sun’iy intellekt iqlim o‘zgarishigamoslashish, tabiiy ofatlar haqida ogohlantirish tizimlarini yaratish va suv resurslarini boshqarishda muhim rol o‘ynashi qayd etilgan. Bugungi kunda “Yashil AI” (Green AI) konsepsiyasi doirasida ham SI algoritmlari yordamida “aqlli” qishloq xo‘jaligini yo‘lga qo‘yish, chiqindilarni avtomatlashtirilgan holda saralash va o‘rmon yong‘inlarini sun’iy yo‘ldosh tasvirlari orqali erta aniqlash kabi amaliy yechimlar joriy etilmoqda. Mazkur texnologiyalar ekologik madaniyatning raqamli komponenti sifatida yosh avlodning ekologik tafakkurini boyitishda va ularga tabiatni asrashning innovatsion usullarini o‘rgatishda muhim metodologik baza bo‘lib xizmat qiladi. Sun’iy intellekt iqlim o‘zgarishi, chiqindilarni boshqarish, qishloq xo‘jaligi resurslarini optimallashtirish, biologik xilma-xillikni saqlash va energiya samaradorligini oshirish kabi ekologik muammolarni hal qilishda muhim vositaga aylanmoqda. Kaanapali matematik,

kibernetik va informatik Yoshua Bengio ekologik muammolarni hal qilishdasun'iy intellekt asosiy vositaga aylanishi mumkinligini ta'kidlab, quyidagi fikrni bildirgan: "Agar SI ekologiya bilan uyg'unlashtirilsa, biz nafaqat mavjud muammolarni aniqlay olamiz, balki ularning yechimini ilgari suruvchi ilg'or strategiyalarni ham yarata olamiz."

Xitoy-amerikalik kompyuterchi olim Fey-Fey Li esa "Sun'iy intellekt insoniyatga atrof-muhitni anglash va uni muhofaza qilishda beqiyos vosita bo'lib xizmat qilmoqda", deya ta'kidlagan.Bugun mashinali o'rganish algoritmlari harorat, karbonat angidrid miqdori va yog'ingarchilik kabi omillar o'rtasidagi bog'liqliklarni tahlil qilib, bashorat modellarining aniqligini oshirishga yordam bermoqda. Shuningdek, turli ssenariylar asosida iqlim modellarini yaratish imkoniyati mavjud bo'lib, bu hukumat va tashkilotlarga moslashuv hamda oqibatlarni yumshatish strategiyalarini ishlab chiqishda ko'maklashadi. Qishloq xo'jaligida esa sun'iy intellekt resurslardan oqilona foydalanish va ekologik barqarorlikni ta'minlash uchun ishlatilmoqda. SI texnologiyalari tuproq holatini, oziq moddalarning miqdorini tahlil qiladi hamda hosildorlikni bashorat qilish imkonini beradi. Bu esa dehqonchilikda optimal qarorlar qabul qilishga va resurslarni tejashga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Mell P., Grance T. The NIST Definition of Cloud Computing. NIST SP 800-145, 2011. DOI: 10.6028/NIST.SP.800-145.

2. UNEP. World Environment Situation Room (WESR). https://wesr.unep.org/.

3. Wu B. et al. Geography and Sustainability, 1(1), 2020:25–32. DOI: 10.1016/j.geosus.2020.03.006.

4. Wilkinson R. et al. Science of the Total Environment, 909 (2024):168584. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.168584.

5. Wang L. et al. Frontiers in Environmental Science, 10 (2022):1055162. DOI: 10.3389/fenvs.2022.1055162.

6. O'zbekiston Respublikasi Prezidenti. PQ-4477-son qaror, 04.10.2019. LexUZ: 4539502.

AQAMLI IQTISODIYOTNING IQTISODIYOTNI RIVOJLANTIRISHDAGI ROLI

Jomonqulova F. E.- Samarqand iqtisodiyot va servis instituti dotsenti, t.f.n +998932959572 e-mail: fazilat_72@mail.ru ,
Abdullayea M.V. - Samarqand iqtisodiyot va servis instituti magistranti+998938402109

Annotatsiya. Ushbu maqolada raqamli iqtisodiyotning O'zbekiston iqtisodiyotini rivojlantirishdagi strategik ahamiyati, uning asosiy tarkibiy qismlari

va ijtimoiy-iqtisodiy samaralari keng yoritilgan. Raqamli texnologiyalar, elektron tijorat, onlayn to‘lov tizimlari, katta hajmdagi ma’lumotlar (Big Data), sun’iy intellekt, avtomatlashtirish va mobil ilovalarning iqtisodiy jarayonlarga ta’siri atroflicha tahlil qilinadi. Xususan, ushbu texnologiyalarning ishlab chiqarish samaradorligini oshirish, xizmatlar sifatini yaxshilash va yangi ish o‘rinlarini yaratishdagi o‘rni o‘rganiladi. Shuningdek, raqamli iqtisodiyotni rivojlantirish jarayonida yuzaga kelayotgan infratuzilmaviy, huquqiy va kadrlar bilan bog‘liq muammolar tahlil qilinib, ularni bartaraf etish bo‘yicha ilmiy-amaliy tavsiyalar keltirilgan.

Kalit so‘zlar: raqamli iqtisodiyot, elektron biznes, Big Data, sun’iy intellekt, avtomatlashtirish, innovatsiya, iqtisodiy o‘sish.

Kirish. Hozirgi zamonda iqtisodiyotning raqamli transformatsiyasi butun dunyo miqyosida katta ahamiyat kasb etmoqda. O‘zbekiston sharoitida ham raqamli iqtisodiyot davlat siyosatining asosiy yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Raqamli iqtisodiyot – bu kompaniya va davlat darajasida axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini qo‘llab, mahsulot ishlab chiqarish, xizmat ko‘rsatish va boshqaruv jarayonlarini avtomatlashtirish demakdir. Raqamli iqtisodiyot ish samaradorligini oshirish, innovatsion yechimlarni joriy etish va mamlakatning iqtisodiy o‘sish sur’atini tezlashtirishga yordam beradi [1].

Raqamli iqtisodiyotning asosiy tarkibiy qismlari:

1. **Elektron biznes (E-commerce):** Mahsulot va xizmatlarni internet orqali sotish orqali daromad oshadi. Masalan, O‘zbekistonda Payme va Click tizimlari kichik va o‘rta biznes uchun qulay imkoniyat yaratmoqda [2].
2. **Elektron to‘lov tizimlari:** Tezkor va xavfsiz moliyaviy operatsiyalarni amalga oshirish imkonini beradi. Internet banking va mobil ilovalar yordamida naqd pulni kamaytirish va moliyaviy samaradorlikni oshirish mumkin [3].
3. **Big Data (katta hajmdagi ma’lumotlar):** Kompaniyalarga qaror qabul qilishda va bozorni prognoz qilishda yordam beradi. Masalan, supermarketlar xaridorlarning xarid odatlarini tahlil qilib, omborlarni va sotuv jarayonlarini optimallashtiradi [4].
4. **Sun’iy intellekt va avtomatlashtirish:** Ish jarayonlarini tezlashtiradi, xatoliklarni kamaytiradi va resurslardan samarali foydalanishga yordam beradi. Masalan, banklar chat-botlar yordamida mijozlarga xizmat ko‘rsatishni avtomatlashtiradi [5].
5. **Mobil ilovalar:** Korxona va mijozlar o‘rtasidagi aloqani tezlashtiradi. Masalan, oziq-ovqat yetkazish kompaniyalari mobil ilovalar orqali buyurtmalarni boshqaradi [6].

Raqamli iqtisodiyotning iqtisodiy o‘sishga ta’siri

- **Yangi ish o‘rinlari:** IT kompaniyalar, startaplar va raqamli xizmatlar orqali yangi ish o‘rinlari yaratiladi [7].
- **Investitsiyalarni jalb qilish:** Raqamli texnologiyalarni rivojlantirish investorlar uchun qiziq bo‘ladi [8].

- **Samaradorlikni oshirish:** Avtomatlashtirilgan tizimlar ish jarayonlarini tezlashtiradi va xatoliklarni kamaytiradi [4].
- **Mahsulot va xizmatlarni diversifikatsiya qilish:** Raqamli yechimlar yordamida yangi xizmat va mahsulotlar yaratish mumkin [2].

O‘zbekiston misolida raqamli iqtisodiyot

- Hukumatning **“Raqamli O‘zbekiston”** dasturi mamlakatda raqamli transformatsiyani rag‘batlantiradi [3].
- Startaplar va IT-kompaniyalar iqtisodiy o‘sishga hissa qo‘shadi.
- **Elektron hukumat (E-government)** davlat xizmatlarini avtomatlashtiradi, ish samaradorligini oshiradi va fuqarolar uchun qulaylik yaratadi [1].

Tahlil va natijalar. Ushbu maqolada raqamli iqtisodiyotning O‘zbekiston iqtisodiyotini rivojlantirishdagi roli turli jihatlari bo‘yicha tahlil qilindi. Adabiyotlar va amaliy tajribalarni o‘rganish natijasida bir nechta asosiy xulosalarga kelindi:

1.Raqamli texnologiyalar va iqtisodiy o‘sish. Tahlil shuni ko‘rsatadiki, raqamli texnologiyalar iqtisodiy jarayonlarni optimallashtirish, ish samaradorligini oshirish va innovatsiyalarni rag‘batlantirishda muhim rol o‘ynaydi. Elektron tijorat, onlayn to‘lov tizimlari va mobil ilovalar orqali iqtisodiy operatsiyalar tezlashadi, biznes jarayonlari soddalashtiriladi va aholi uchun xizmatlar sifatini yaxshilash imkoniyati yaratiladi.

2. Big Data va sun’iy intellektning roli. Katta hajmdagi ma’lumotlar (Big Data) va sun’iy intellekt texnologiyalari iqtisodiyotning turli sohalarida tezkor va aniq qarorlar qabul qilishga yordam beradi. Bu esa ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtirish, resurslardan samarali foydalanish va mahsulot sifatini oshirish imkonini beradi.

3. Avtomatlashtirish va startaplar.Avtomatlashtirish nafaqat ishlab chiqarish samaradorligini oshiradi, balki yangi ish o‘rinlari yaratish va startaplarni rivojlantirishga hissa qo‘shadi. Startaplarni qo‘llab-quvvatlash orqali innovatsion yechimlar joriy etiladi, bu esa iqtisodiyotning raqobatbardoshligini oshiradi.

4. Xavfsizlik va malakali kadrlar tayyorlash. Raqamli iqtisodiyotni rivojlantirish jarayonida raqamli xavfsizlik va malakali kadrlar tayyorlashning ahamiyati alohida ta’kidlangan. Axborot xavfsizligi tizimlari, foydalanuvchi autentifikatsiyasi va ruxsatnoma boshqaruvi iqtisodiy ma’lumotlarning himoyalanishini ta’minlaydi.

5.Natijalar

Tahlil natijalari shuni ko‘rsatadiki:

- Raqamli iqtisodiyot O‘zbekistonning ichki va tashqi investitsiya salohiyatini oshiradi;
- Innovatsion infratuzilmani rivojlantirish va iqtisodiy samaradorlikni yaxshilash imkonini beradi;
- Ijtimoiy sohada ham ijobiy o‘zgarishlar – xizmatlar sifati, ish o‘rinlari, hayot sifatining yaxshilanishi – yuz beradi;

- Global raqobatbardoshlik va barqaror iqtisodiy tizim yaratishga xizmat qiladi.

Shu bilan, raqamli iqtisodiyot O‘zbekistonning uzoq muddatli iqtisodiy rivojlanish strategiyasida strategik ahamiyatga ega ekanligi aniqlandi.

Muammolar va qiyinchiliklar. Raqamli iqtisodiyotni rivojlantirishda quyidagi muammolar yuzaga keladi:

1. **Raqamli infratuzilma yetishmovchiligi:** Internet tezligi past va server resurslari cheklangan [2].
2. **Malakali IT kadrlar yetishmasligi:** Raqamli xizmatlarni yaratish va boshqarish uchun yetarli mutaxassislar yo‘q [5].
3. **Axborot xavfsizligi:** Kiberhujumlar, firibgarlik va ma’lumotlarni o‘g‘irlash xavfi mavjud [6].

Tavsiyalar

1. **Raqamli infratuzilmani rivojlantirish**: tezkor internet, bulutli serverlar va zamonaviy telekommunikatsiya texnologiyalarini joriy etish orqali iqtisodiy jarayonlarni tezlashtirish.
2. **IT kadrlarni tayyorlash**: universitetlar, kasb-hunar kurslari va onlayn ta’lim platformalari orqali malakali IT mutaxassislarini tayyorlash.
3. **Elektron biznes va startaplarni qo‘llab-quvvatlash**: grantlar, subsidiyalar, investitsiyalar va inkubatsiya markazlari orqali innovatsion loyihalarni rag‘batlantirish.
4. **Axborot xavfsizligini ta’minlash**: ISO standartlari, kiberxavfsizlik yechimlari, monitoring tizimlari va foydalanuvchi autentifikatsiyasini kuchaytirish orqali ma’lumotlarni himoya qilish.
5. **Big Data va sun’iy intellektni joriy etish**: iqtisodiyotning turli sohalarida tezkor va aniq qarorlar qabul qilish, ishlab chiqarish va xizmatlar samaradorligini oshirish maqsadida katta hajmdagi ma’lumotlar va AI texnologiyalarini tatbiq etish.
6. **Avtomatlashtirishni kengaytirish**: ishlab chiqarish, xizmat ko‘rsatish va ma’muriy jarayonlarni avtomatlashtirish orqali resurslardan samarali foydalanish va ish samaradorligini oshirish.
7. **Raqamli siyosat va regulyatsiyani takomillashtirish**: qonuniy bazani modernizatsiya qilish, raqamli iqtisodiyotni tartibga soluvchi normativ hujjatlarni ishlab chiqish va global raqobatbardoshlikni oshirish.

StatistikaO‘zbekiston aholisi orasida internet foydalanuvchilari: ~30 mln (~88%).

- Mobil internet foydalanuvchilari: 25 mln.
- Elektron tijorat hajmi (2023): ~2,5 mlrd. USD.
- Onlayn to‘lovlar soni o‘sishi: 35%.
- Faol startaplar soni: 500+, shundan 60% IT va texnologiya sohasida.
- IT sohasida malakali kadrlar: 40 ming+, ulardan 25 ming dasturchi va raqamli platforma mutaxassisi.

- Raqamli iqtisodiyot va IT investitsiyalari (2023): 500 mln. USD.
- AI va Big Data yordamida ishlab chiqarish samaradorligi: +10–15%.

Xulosa

Raqamli iqtisodiyot mamlakatning iqtisodiy rivojlanishida markaziy va hal qiluvchi rol o‘ynaydi. U ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtirish, iqtisodiy samaradorlikni oshirish, innovatsion g‘oyalarni rag‘batlantirish va yangi ish o‘rinlarini yaratish imkonini beradi. O‘zbekiston uchun raqamli texnologiyalarni joriy etish, startaplarni rivojlantirish, malakali kadrlarni tayyorlash va raqamli xavfsizlikni ta’minlash eng muhim vazifalardan hisoblanadi.

Shuningdek, raqamli iqtisodiyot ichki va tashqi investitsiya salohiyatini oshiradi, biznes muhitini yaxshilaydi, soliq tushumlarini ko‘paytiradi va innovatsion infratuzilmani rivojlantirish imkonini beradi. Elektron tijorat va onlayn to‘lov tizimlari iqtisodiy operatsiyalarni tezlashtiradi va samaradorlikni oshiradi, bu esa aholining hayot sifatini yaxshilashga xizmat qiladi.

Big Data va sun’iy intellekt texnologiyalari iqtisodiyotning turli sohalarida tezkor va aniq qarorlar qabul qilishga yordam beradi. Avtomatlashtirish mehnat resurslaridan samarali foydalanish, ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirish va mahsulot sifatini oshirishga xizmat qiladi. Shu bilan birga, raqamli iqtisodiyot ijtimoiy rivojlanishga ham ijobiy ta’sir ko‘rsatadi, mamlakatni global raqobatbardosh bozorlar bilan integratsiyalashishiga yordam beradi va barqaror iqtisodiy tizim yaratishga xizmat qiladi.

Adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasi “Raqamli O‘zbekiston” dasturi. https://digital.gov.uz (ochilgan sana: 30.11.2025)
2. A.A. Ganiyev, S.K. Ganiyev – Raqamli iqtisodiyot va innovatsiyalar, Toshkent, 2023
3. F.M. Muxtarov – Elektron hukumat va raqamli transformatsiya, Tashkent, 2022
4. M.M. Turdimatov – Big Data va iqtisodiy tahlil, Samarqand, 2024
5. D.X. Tojimatov – Axborot xavfsizligi va kiberxavfsizlik, Tashkent, 2023
6. “PayMe” va “Click” rasmiy veb-saytlari. https://payme.uz, https://click.uz
7. O‘zbekiston Respublikasi Statistik Qo‘mitasi – Iqtisodiy ko‘rsatkichlar, 2025. https://stat.uz
8. S.K. Xudoyqulov – Raqamli iqtisodiyot va moliyaviy texnologiyalar, Tashkent, 2024

KO‘P SINFLI KLASSIFIKATSIYA MASALALARIDA SINFLAR NOMUTANOSIBLIGI MUAMMOSINI HAL QILISH USULLARI

Nazarov Fayzullo Maxmadiyarovich
tel.: +998 94 479 86 40 e-mail: *fayzulla-samsu@mail.ru*

Sariyev Shohruh Norqo‘zi o‘g‘li[1]
tel.: +998 99 105 07 95 e-mail: *sariyevshokhrukh@gmail.com*
Shukurov Bexzod Axmadjon o‘g‘li[1]
tel.: +998 99 072 64 32 e-mail: *bekzodshukurov653@gmail.com*
[1]Samarqand davlat universiteti, Sun’iy intellekt va raqamli texnologiyalar instituti

Annotatsiya. Mazkur maqolada ko‘p sinfli klassifikatsiya masalalarida sinflar nomutanosibligi muammosi va uni kamaytirishga qaratilgan ma’lumotlar hamda algoritmik darajadagi yondashuvlar tahlil qilinadi. Tajriba qismida olti sinfli, 12 000 ta kuzatuv va 18 ta belgidan iborat nazorat qilinadigan sun’iy ma’lumotlar to‘plami shakllantirildi. Sinflar taqsimoti ataylab nomutanosib qilib belgilandi va bir xil Random Forest klassifikatori bazaviy holat, sinf vaznlari, Random Oversampling, SMOTE, ADASYN va SMOTEENN usullari bilan sinovdan o‘tkazildi.

Natijalarga ko‘ra, ADASYN usuli Macro F1 bo‘yicha 0,8627, Balanced Accuracy bo‘yicha 0,8678 natija ko‘rsatib, bazaviy modeldan mos ravishda 0,0358 va 0,0828 punkt yuqori natijaga erishdi. Eng kam sonli sinflarda Recall sezilarli oshdi. Olingan natijalar ko‘p sinfli nomutanosib ma’lumotlarda faqat Accuracy mezoniga tayanish yetarli emasligini va balanslash usullarini sinflar kesimidagi Recall, Macro F1 hamda Balanced Accuracy asosida baholash zarurligini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: ko‘p sinfli klassifikatsiya, sinflar nomutanosibligi, SMOTE, ADASYN, oversampling, Random Forest.

Kirish

Ko‘p sinfli klassifikatsiya obyektni uch yoki undan ortiq sinflardan biriga tegishli deb aniqlash vazifasidir. Amaliy ma’lumotlarda sinflar son jihatdan teng taqsimlanmasligi ko‘p uchraydi. Bunday holatda ko‘pchilik sinflar modelning o‘qitish jarayoniga kuchliroq ta’sir ko‘rsatadi, kam sonli sinflar esa yetarlicha o‘rganilmay qolishi mumkin. Natijada umumiy Accuracy yuqori bo‘lsa ham, kam uchraydigan sinflarning Recall va F1 ko‘rsatkichlari past bo‘lib qoladi [1,2]. Ayniqsa tibbiy diagnostika, nosozliklarni aniqlash, kiberxavfsizlik, atmosfera havosi holatini toifalash kabi masalalarda kam sonli sinf amaliy jihatdan eng muhim sinf bo‘lishi mumkin.

Sinflar nomutanosibligini ifodalashning sodda ko‘rsatkichlaridan biri imbalance ratio hisoblanadi:

$$IR = \frac{n_{\max}}{n_{\min}},$$

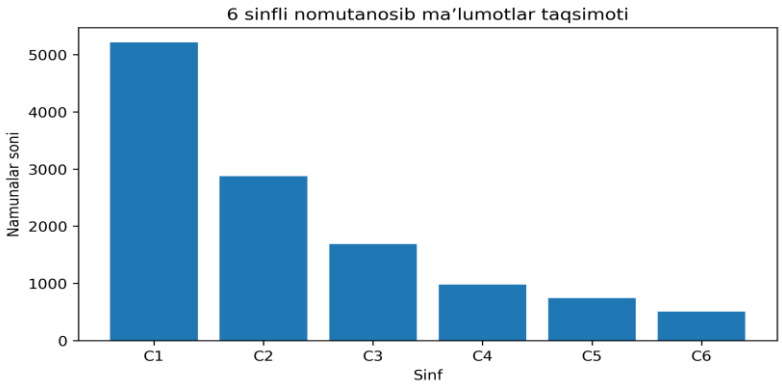
bu yerda $n_{\max}$ va $n_{\min}$ mos ravishda eng ko‘p va eng kam kuzatuvga ega sinflar hajmidir. Ko‘p sinfli masalada har bir sinf uchun $IR_k = n_{\max}/n_k$ qiymatini hisoblash yanada maqsadga muvofiq. Muammoni bartaraf etish yondashuvlari odatda ma’lumotlar darajasidagi qayta namunlash, algoritmik darajadagi vaznlash yoki ularning gibrid kombinatsiyalariga ajratiladi [2].

SMOTE kam sonli sinfning yaqin qo‘shnilari orasida sintetik namunalar hosil qiladi [3], ADASYN esa murakkab tasniflanadigan kam sonli obyektlar atrofida ko‘proq sintetik namuna yaratishga intiladi [4]. Chuqur o‘qitish masalalarida Focal Loss [5] va Class-Balanced Loss [6] kabi usullar ham keng qo‘llanadi.

Mazkur ishning maqsadi ko‘p sinfli nomutanosib klassifikatsiyada asosiy balanslash usullarini qiyosiy baholash va sinflar kesimidagi natijalarga asoslangan amaliy tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat.

Materiallar va metodlar

Tajriba uchun make_classification tamoyiliga mos ravishda 12 000 ta kuzatuv, 18 ta belgi va 6 ta sinfdan iborat sun’iy ma’lumotlar to‘plami yaratildi. Unda 11 ta axborotli, 4 ta redundant belgi mavjud bo‘lib, sinflar ulushi taxminan 44%, 24%, 14%, 8%, 6% va 4% qilib belgilandi. Yakuniy sinf hajmlari mos ravishda 5211, 2872, 1689, 979, 742 va 507 tani tashkil etdi. Shunday qilib, $IR = 5211/507 = 10{,}28$ bo‘ldi. Ushbu sintetik tajribaning vazifasi real sohaga tegishli yakuniy xulosa chiqarish emas, balki balanslash strategiyalarining bir xil sharoitdagi nisbiy ta’sirini ko‘rsatishdir.



1-rasm. Tajriba ma’lumotlarida sinflar taqsimoti.

Ma’lumotlar stratifikatsiya saqlangan holda 75% o‘qitish va 25% test qismlariga ajratildi. Barcha tajribalarda bir xil Random Forest arxitekturasi (200 ta daraxt, max_features=sqrt, random_state=42) qo‘llanildi. Oltita holat tekshirildi: bazaviy model, class_weight=balanced, Random Oversampling, SMOTE, ADASYN va SMOTEENN. Resampling faqat o‘qitish qismiga qo‘llanib, test to‘plamining tabiiy taqsimoti o‘zgartirilmadi. Bu yondashuv ma’lumotlar sizib chiqishini oldini oladi.

Baholashda Accuracy bilan birga Balanced Accuracy, Macro Precision, Macro Recall va Macro F1 ishlatildi. Macro F1 har bir sinfning F1 qiymatini teng og‘irlikda o‘rtachalaydi:

$$F1_{macro} = \frac{1}{K}\sum_{k=1}^{K} F\,1_k.$$

Balanced Accuracy esa sinflar bo‘yicha Recall qiymatlarining o‘rtachasiga teng:

$$BA = \frac{1}{K}\sum_{k=1}^{K} Recall_k.$$

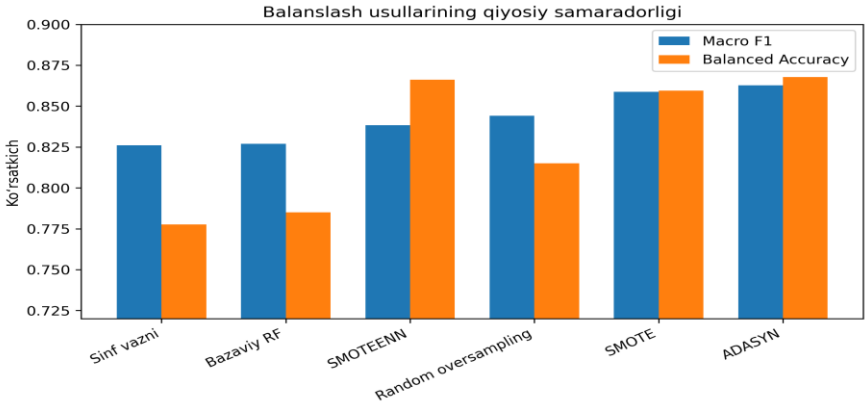
Shuning uchun ushbu ikki mezon ko‘pchilik sinfdagi yuqori aniqlikning kam sonli sinflardagi xatolarni yashirib yuborishiga kamroq moyil [1,7].

Natijalar

Tajriba natijalari 1-jadvalda keltirilgan. Eng yuqori umumiy natija ADASYN yordamida olindi: Accuracy 0,9070, Balanced Accuracy 0,8678, Macro Recall 0,8678 va Macro F1 0,8627. SMOTE natijasi ham unga juda yaqin bo‘lib, Macro F1 0,8588 ni tashkil etdi. Bazaviy Random Forestda umumiy Accuracy 0,8967 bo‘lsa-da, Balanced Accuracy 0,7850 va Macro F1 0,8269 darajasida qoldi. Bu holat oddiy Accuracy nomutanosib ma’lumotlarda model sifatini to‘liq ifodalamasligini ko‘rsatadi.

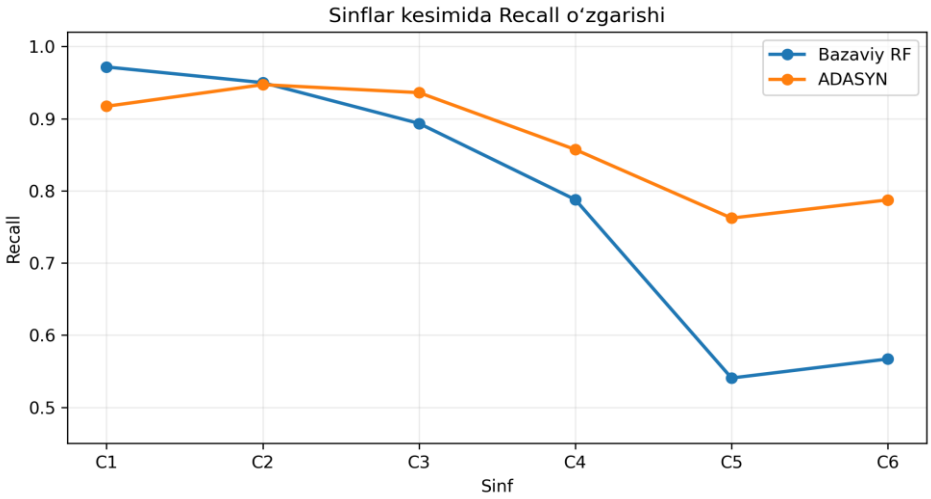
1-jadval. Balanslash usullarining test to‘plamidagi natijalari

Usul	Accuracy	Balanced Accuracy	Precision	Recall	F1-score
Bazaviy RF	0,8967	0,7850	0,8970	0,7850	0,8269
Sinf vazni	0,8940	0,7776	0,9098	0,7776	0,8260
Random oversampling	0,8997	0,8149	0,8871	0,8149	0,8442
SMOTE	0,9053	0,8594	0,8593	0,8594	0,8588
ADASYN	0,9070	0,8678	0,8582	0,8678	0,8627
SMOTEENN	0,8823	0,8662	0,8163	0,8662	0,8383



2-rasm. Balanslash usullarining Macro F1 va Balanced Accuracy bo‘yicha taqqoslanishi.

ADASYN bazaviy modelga nisbatan Macro F1 ni 0,0358 punktga, Balanced Accuracy ni esa 0,0828 punktga oshirdi. Eng muhim o‘zgarish kam sonli sinflarda kuzatildi. C5 sinfining Recall qiymati 0,5405 dan 0,7622 gacha, C6 sinfiniki esa 0,5669 dan 0,7874 gacha oshdi. Shu bilan birga, eng katta C1 sinfida Recall 0,9716 dan 0,9171 gacha kamaydi. Bu natija balanslash usullarining asosiy kompromissini ko‘rsatadi: model kam sonli sinflarni yaxshiroq aniqlay boshlashi evaziga ko‘pchilik sinfdagi maksimal aniqlik bir oz pasayishi mumkin.



3-rasm. Bazaviy Random Forest va ADASYN uchun sinflar kesimidagi Recall.

Sinf vaznlaridan foydalanish mazkur tajribada kutilgan yaxshilanishni bermadi. Macro Precision 0,9098 gacha oshgan bo‘lsa-da, Macro Recall va Balanced Accuracy bazaviy modeldan ham biroz past bo‘ldi. Bu natija sinf vaznlarini universal yechim sifatida qabul qilib bo‘lmasligini ko‘rsatadi. SMOTE va ADASYN esa sintetik namunalar yaratish hisobiga qaror chegarasining kam sonli sinflar foydasiga yaxshiroq shakllanishini ta’minladi. ADASYNning ustunligi ayniqsa murakkab va kam uchraydigan sinflarda ko‘rindi, bu uning qiyin namunalar atrofida ko‘proq sintetik kuzatuv hosil qilish tamoyiliga mos keladi [4]. SMOTEENN kam sonli sinflar bo‘yicha Recallni oshirgan bo‘lsa-da, tozalash bosqichi ayrim foydali kuzatuvlarni ham olib tashlagani sababli umumiy Accuracy va Macro Precision pasaydi.

Xulosa

Ko‘p sinfli klassifikatsiyada sinflar nomutanosibligi modelning kam sonli sinflarni aniqlash qobiliyatini sezilarli pasaytirishi mumkin. O‘tkazilgan nazorat qilinadigan tajribada ADASYN va SMOTE usullari bazaviy Random Forestga nisbatan eng yaxshi muvozanatli natijalarni ko‘rsatdi. ADASYN Macro F1 ni 0,8269 dan 0,8627 gacha, Balanced Accuracy ni 0,7850 dan 0,8678 gacha oshirdi; eng kam sonli C5 va C6 sinflaridagi Recall taxminan 0,22 punktga yaxshilandi.

Foydalanilgan adabiyotlar

17. He H., Garcia E.A. Learning from Imbalanced Data. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 2009, 21(9), 1263–1284. DOI: 10.1109/TKDE.2008.239.

18. Krawczyk B. Learning from imbalanced data: open challenges and future directions. *Progress in Artificial Intelligence*, 2016, 5, 221–232. DOI: 10.1007/s13748-016-0094-0.

19. Chawla N.V., Bowyer K.W., Hall L.O., Kegelmeyer W.P. SMOTE: Synthetic Minority Over-sampling Technique. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 2002, 16, 321–357. DOI: 10.1613/jair.953.

20. He H., Bai Y., Garcia E.A., Li S. ADASYN: Adaptive synthetic sampling approach for imbalanced learning. *IEEE International Joint Conference on Neural Networks*, 2008, 1322–1328. DOI: 10.1109/IJCNN.2008.4633969.

21. Lin T.-Y., Goyal P., Girshick R., He K., Dollár P. Focal Loss for Dense Object Detection. *Proceedings of ICCV*, 2017, 2980–2988. DOI: 10.1109/ICCV.2017.324.

22. Cui Y., Jia M., Lin T.-Y., Song Y., Belongie S. Class-Balanced Loss Based on Effective Number of Samples. *Proceedings of CVPR*, 2019, 9268–9277. DOI: 10.1109/CVPR.2019.00949.

23. Buda M., Maki A., Mazurowski M.A. A systematic study of the class imbalance problem in convolutional neural networks. *Neural Networks*, 2018, 106, 249–259. DOI: 10.1016/j.neunet.2018.07.011.

SUN'IY INTELLEKTNING BAZAVIY ASOSLARI.

F. E.Jomonqulova
Samarqand iqtisodiyot va servis instituti dotsenti, t.f.n
+998932959572 e-mail: fazilat_72@mail.ru

Annotatsiya: Intellektual axborot texnologiyalar – informatikaning kelajagi porloq va tez sur'atlar bilan rivojlanayotgan ilmiy va amaliy sohasi hisoblanadi. U kompyuterl ardan foydalanish bilan bog‘liq barcha ilmiy va texnologik yo‘nalishlarga sezilarli darajada ta'sir ko‘rsatadi, u jamiyatga ilmdan nima kutilayotgan bo‘lsa o‘shani bugunning o‘zidayoq bermoqda, amaliy ahamiyatga ega bo‘lgan natijalar, ularning ko‘pchiligi ularni qo‘llash mumkin bo‘lgan sohalarda tubdan o‘zgarishlar qilishga qodir.

Maqolada сунъий intellektul axborot texnologiyalarning ilmiy fundamentidagi kalit komponent sun'iy intellekt(SI) hisoblanishi haqida so‘z yuritiladi.

Kalit so`zlar: Elektron hisoblash mashinasi, axborotni izlash tizimi, bilimlar bazasi, intellektual tizim, ishchi xotira, ma'lumotlar bazasini boshqarish tizimi, muloqot tizimi, sun'iy intellekt, sun'iy intellekt tizimlari, texnik vositalar, tabiiy til, formal tizim, fikrlashning teskari zanjiri, hisoblash mashinasi, ekspert tizim, yangi axborot texnologiyalar, dasturiy ta'minot, ma'lumotlar bazasi, tushuntiruvchi komponent, bilimlarni hosil qilish komponenti.

SI – hisoblash mashinalarining insonlarga aqlli bo‘lib ko‘rinadigan tomonlarini bajarishga imkon beradigan konsepsiyalar majmuasidir. Inson aqli o‘zi nima? U fikrlash qobiliyatiga egami? U bilimlarni o‘zlashtirish va qo‘llash qobiliyatiga egami? U g‘oyalarni almashish va ular bilan ishlash qobiliyatiga egami? Shubhasiz, bu barcha qobiliyatlar aqlning qismini tashkil etadi. Lekin bu so‘zga oddiy ma'noda ta'rif berib bo‘lmaydi. Chunki aql - bu ma'lumotlarni qayta ishlash va namoyish etish sohasidagi bilimlarning qorishmasidir.

SIning asosiy masalasi hisoblash mashinalarini foydaliroq qilish va aql asosida yotadigan prinsiplarni tushunishdan iborat. Modomiki asosiy masalalardan biri hisoblash mashinalarini foydaliroq qilish ekan, hisoblash texnikasi sohasidagi olim va injenerlar SI qiyin masalalarni hal qilishda ularga qanday yordam berishi mumkinligini bilishlari kerak.

SIT sohasidagi tadqiqotlarning boshlanishini (50-yillar oxiri) Nyuell, Saymon va Shoularning turli xil masalalarni yechish jarayonlarini tadqiq qilish ishlari bilan bog‘lashadi. Ular ishining natijasi mulohazalar hisobidagi teoremalarni isbotlashga mo‘ljallangan «Mantiqchi-nazariyotchi» va «Umumiy masala yechuvchi» dasturlari bo‘ldi. Bu ishlar SIT sohasidagi tadqiqotlarning birinchi bosqichini boshlab berdi. Shuningdek, ushbu bosqich davomida turli xil o‘yinlar, boshqotirmalar va matematik masalalar tadqiqot maydoni hisoblangan.

O‘zlarining dasturlarini tavsiflashda Nyuell va Sayman dalil sifatida shuni ta’kidlashdiki, ularning dasturlari inson fikrlashini (tafakkurini) modellashtirar ekan. 70-yillar boshida ular bunga o‘xshash ko‘plab ma’lumotlarni chop etishdi va fikrlashni (tafakkurni) modellashtiradigan dastur tuzishning umumiy usulini taklif etishdi. Nyuell va Saymanning ishlari ko‘pchilikni jalb qilgan bir paytda Massachusets texnologiya instituti, Stenford universiteti va Stenford tadqiqotlar institutida tadqiqotchilar guruhi tomonidan SIT sohasidagi tadqiqotlarda masalani yechish yo‘li matematik va belgilar mantiqi asosida rivojlandi [7].

SIT sohasini tadqiq etishda Robinsonning rezolyusiyalar usuli katta ta’sir etdi. Bu usul predikatlar mantiqidagi teoremalarni isbotlashga asoslangan va isbotlashning mukammal usuli hisoblangan. 60-yillar oxiriga kelib turli xil o‘yinlar, boshqotirmalar va matematik masalalar kabi tadqiqotlarni sun’iy muhitlarda emas, balki real muammoli muhitlarda qo‘llashga harakatlar qilindi. SITning real muhitlarda ishlashini tadqiq qilish integral robotlarni yaratish masalasiga olib keldi. Bunday ishlarning o‘tkazilishini SIT ustidagi tadqiqotlarning ikkinchi bosqichi deyish mumkin [6].

70-yillar o‘rtalarida Stenford universiteti, Stenford tadqiqotlar instituti va boshqa bir qancha joylarda laboratoriya sharoitida ishlaydigan robotlar yaratildi. Bunday tajribalarning o‘tkazilishi bir qancha muammolarni hal qilishni talab qildi. Bunday muammolarga bilimlarni namoyish etish, ko‘rish orqali idrok etish, robotlar bilan tabiiy tilda muloqot qilish kabilar kiradi. Bu muammolar tadqiqotchilar oldiga yanada aniqroq ifodalangan vazifalarni qo‘ydi. Bu davr SITni tadqiq etishning uchinchi bosqichi edi. Uning xarakterli tomoni tadqiqotchilardan oldiga qo‘yilgan masalani real muhitda o‘zi yechadigan alohida (avtonom) ishlaydigan tizimni emas, balki inson intellektini va EHMning imkoniyatlarini birlashtiradigan inson-mashina tizimlarini yaratish masalasidan iborat edi.

Hozirgi vaqtda raqobat kurashidagi ustunlik mamlakatning o‘lchovlari bilan ham, uning tabiiy resurslari bilan ham aniqlanmaydi. Endilikda buni jamiyat to‘plagan ta’lim darajasi va bilimlar hajmi hal qiladi. Kelajakda boshqa mamlakatlarga qaraganda yangi bilimlarni yarata olgan va egallagan

mamlakatlargina gullab yashnaydi. Bunda asosiy rolni yangi axborot texnologiyalar o‘ynasa, ularda esa SI usullari va vositalari o‘ynaydi.

Intellektual tizim deganda fe’l – atvori maqsadga yo‘naltirilgan qobiliyatni o‘zida aks ettiruvchi ixtiyoriy biologik, sun’iy yoki formal tizimlar tushuniladi.

Oxirgisi o‘zida aloqa, bilimlarni jamlash, qarorlar qabul qilish, o‘rganish, moslashish va boshqa xususiyatlarni o‘zida namoyon etadi. Hozirgi vaqtda kompyuterlarni intellektuallashtirishning turg‘un tendensiyasi va uning dasturiy ta’minoti (DT) mavjud. Kelajakdagi kompyuterlarning asosiy funksiyalari – ko‘proq hisoblashga oid bo‘lmagan xarakterdagi masalalarni, ya’ni mantiqiy xulosa chiqarish, BBni boshqarish, intellektual interfeys ta’minoti va boshqa masalalarni yechishga qaratilgan. Kompyuterlarni intellektuallashtirish maxsus apparaturalarni (masalan, neyrokompyuterlar) va DTlarni (ekspert tizimlar, BB, masala yechuvchilar va h.k.) yaratish hisobiga amalga oshiriladi,

SIning asosiy texnologiyalari haqidagi tasavvurni shakllantirish uchun, uning dasturiy yechimlarda muhim konsepsiyalarining mujassamlanishini o‘rganishimiz lozim.

SI sohasida tadqiqot strukturasini aniqlashdagi urinishlar takror-takror qilingan. Bu savol borasidagi barchasidan ko‘ra mashhur nuqtai nazarlar [5] da ifoda etilgan. Unga muvofiq SI sohasidagi tadqiqotlar ikkita bazaviy yo‘nalishlarni o‘z ichiga oladi:

• *bionik*, inson ongi uchun xarakterli va inson tomonidan yechiladigan masalalar asosida yotuvchi strukturalar va jarayonlarni sun’iy qaytadan tiklash muammolari bilan shug‘ullanadi;

• *dasturli-pragmatik*, inson intellektini (qidirish, klassifikasiyalash, o‘qitish, qaror qabul qilish, timsollarni anglash, mulohaza va boshqalar) alohida huquq deb hisoblaydigan masalalarni yechish uchun dasturlar tuzish bilan shug‘ullanadi.

Birinchi yo‘nalish bo‘yicha sun’iy neyron to‘rlar modellarini qo‘llaydigan DT yaratish muammolari qarab chiqiladi.

Bionik yo‘nalishning maqsadlari va masalalari qiyinligi tufayli oxirgi vaqtgacha SIda dasturli-pragmatik yo‘nalish ustunlik qiluvchi hisoblanadi, garchi kelajakda baribir bionik yo‘nalish ehtimol aniqlovchi bo‘ladi.

Dasturli-pragmatik yo‘nalishda uchta yondashuv ajratiladi:

• *lokal*, yoki *maqsadli* – insonning intellektual faoliyatiga xos, inson erishishi mumkin bo‘lgan natijalardan kam bo‘lmaydigan har bir masala uchun (masalan, shaxmat o‘yini uchun o‘yin dasturi) yaratish;

• *tizimli*, yoki *bilimlarga asoslangan*–hozirgi vaqtda bu yondashuv ustunlik qilmoqda, Bilimlar asosida intellektual masalalarni yechish uchun dastur tuzishda avtomatlashtirish vositalarini yaratish;

• dasturlashtirishning metaproseduralarini qo‘llovchi intellektual dasturlar tuzish uchun tabiiy tilda masalalarni tavsiflash.

SIT lari teoremalarni isbotlash, komp’yuter o‘yinlari, timsollarni anglash, qaror qabul qilish, adaptiv dasturlash, mashinada musiqalarini bastalash, tabiiy

tilda ma’lumotlarni qayta ishlash, o‘qituvchi to‘rlar va boshqa yo‘nalishlarda keng qo‘llanilmoqda.

Timsollarni anglash qiziqarli intellektual masalalardan biri bỹlib, bunday masalalarni yechish bilan turli fanlar vakillari – fiziologlar, psixologlar, matematiklar, injenerlar shug‘ullanishgan.

Nazariy tadqiqot natijalarining amaliyotda keng qo‘llanilishi natijasida o‘qituvchi avtomatlar, SI tizimlari, tibbiy diagnoz qo‘yuvchi, kriminal eksperimentlarni o‘tkazuvchi tizimlar va shuningdek, murakkab sensorli holatlarni anglovchi va taxlil qiluvchi robotlar paydo bo‘ldi.

1957 yilda amerikalik fiziolog F. Rozenblatt ko‘rish orqali idrok etish va anglashning - perseptron modelini taklif etdi. Anglash jarayonini o‘xshatuvchi (imitasiyalovchi) persepron ikki rejimda ishlaydi: o‘qitish rejimi va anglash rejimi. O‘qitish rejimida kimdir (inson, mashina, robot yoki tabiat) o‘qituvchi rolini o‘ynaydi, mashinaga obyektlarni taqdim etadi va ularning har biri haqida qaysi tushunchaga (sinfga) qarashliligi haqida xabar beradi. Mohiyati bo‘yicha tushunchalarning formal tavsifi bo‘lgan bu ma’lumotlar asosida hal qiluvchi qoida quriladi. Anglash jarayonida mashinaga yangi obyektlar taqdim etiladi, va ular imkoniyat boricha to‘g‘riroq sinflashtiriladi.

Tushunchalarni o‘rganishga va taqdim etilgan obyektlarni anglashga qodir mashinalarning paydo bo‘lishi nafaqat fiziologlar uchun, balkim bilimlarning boshqa sohasidagi vakillariga ham qiziqarli tuyuldi va bu nazariy va eksperimental tadqiqotlar rivojlanishining katta oqimiga sabab bo‘ldi.

80-yillarning boshlarida SI sohasida «Ekspert tizimlar» mustaqil yo‘nalish sifatida shakllandi. SIning amaliy tizimlarini yaratilishida ETlar birinchi qadam bo‘lib hisoblanadi.

ETlar SI tizimlarni bir qismi bo‘lib, u nazariy jihatdan bu sohani rivojlantirishda muhim rol o‘ynadi. ETlar SI g‘oyalari va usullariga asos bo‘lib, unda bilimlar, ma’lumotlar yig‘indisi va ular yordamidagi boshqaruv tizimlari hamda mantiqiy qidiruv, assosiativ, hisoblash amallari va bilimlar manbai aniq bir ko‘rinishda ishlatiladi.

Xulosa qilib aytganda ko‘pincha intellektual tizimlarni qo‘llash zarurligi, ularning imkoniyatlari, qurish prinsiplari va rivojlanish yo‘nalishlari haqidagi tasavvurlarni shakllanishiga olib keladi.

Intellektual tizimlar evolyusiyasi jadal sur’atlar bilan o‘smoqda. Ulardan ayrimlari (masalan, idrok etish, ET, timsollarni anglash va sinflash, mashinali tarjima, nutqni anglash va boshqalar) bugungi kun uchun axborot – kompyuterli muhitda xizmat qiluvchi insonlar uchun odatiy komponentalar bo‘lib hisoblanadi. Intellektual tizimlarning asosiy yo‘nalishlaridan biri ET larning amalda keng qo‘llanishiga erishilgan (AQSh, Yaponiya va Yevropada) bo‘lishiga qaramay, ularni ommaviy ishlab chiqarish va yoyishga to‘sqinlik qiluvchi bir qator hal bo‘lmagan quyidagi muammolar bor.

- ETlarni yaratish shu paytgacha uzoq va qiyin jarayon bo‘lib qolayotganligi;

- bilimlarni qabul qilish (olish): saralash, strukturalash, tasvirlash, sozlash va bilimlarni kuzatib borish;

- hayotda ko‘pincha yechiladigan masalalar vaqt o‘tishi bilan turlicha yechilishi taqozo etiladi, ko‘pgina ETlar: asosan o‘zgarmas masalalarni yechishga mo‘ljallanganligi uchun ularni boshqa masalalarga qo‘llab bo‘lmaydi;

- bilimlar injeneriyalarini dastur bo‘yicha quvvatlashning yo‘qligi (chunki ekspertdan bilimlarni olish va ularni formallashtirish ET larni yaratishda eng qiyin va ma’suliyatli masala hisoblanadi).

Demak, ES larni yaratish va ulardan natijalar olish uchun hali ko‘p ishlar qilinishi kerak.

Boshqalari esa, hozircha ekzotik va amaliy qo‘llashdan uzoqda deb tuyulayotganlari, ertagayoq bizning hayotimizga puxtalik bilan kirib keladi.

Intellektual tizimlar ko‘plab bilimlar sohasiga tegishli bo‘lgan tadqiqotlar natijalariga asoslanadi. Birinchi navbatda diskret matematika, matematik mantiq, kibernetika, matematik lingvistika, sun’iy intellekt, psixologiya, sistemotexnika va boshqalarni aytish kerak. Bundan tashqari, dasturlash texnologiyasi, Internet, ko‘pagentli tizimlar va boshqalarda barcha so‘nggi muvaffaqiyatlar foydalaniladi.

Misol tariqasida, intellektual axborot texnologiyalar va dasturlashning zamonaviy txnologiyalarining o‘zaro kirishi natijasi Microsoft.NET platformasini ko‘rsatish mumkin, uni yaratishda korporasiya 2 mlrd. doll. ortiq mablag‘ sarfladi va uni rivojlantirishda 5 mingdan ortiq mutaxassislar ishlamoqda. Yangi imkoniyatlarni esa u sun’iy intellekt g‘oya va usullarini mujassamlashtirish hisobiga egallamoqda.

Shunday qilib, sun’iy intellektning bazaviy asoslari bilimlarga tayanish, tabiiy tillarda muloqotni tashkil etish, matnni tushunish, mantiqiy xulosa chiqarish, yechimlarni asoslash va tushuntirish hisoblanadi.Kompyuter bilan “tabiiy” muloqotga javob beruvchi Natural Interface texnologiyalari qo‘lyozma ma’lumotlarni kiritish va anglashni, nutqni anglashni va sintez qilishni ta’minlaydi, shuningdek, turli xil tashqi qurilmalardan qulay foydalanish uchun sharoitlar yaratadi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Orifjonov M., Bekmuradov T.F., Xojimatova G., “Ekspert sistemalar”, - Toshkent – “Fan”- 1991y, 60 b.

2. Polovinkin A.I., Bobkov N.K., Bush G.Ya. i dr Avtomatizasiya poiskovogo konstruirovaniya (iskusstvenniy intellekt v mashinnom proyektirovanii). Pod red. A.I. Polovinkina. – M.: Radio i svyaz, 1981. – 344 s.

3. Popov E.V. Ekspertnыye sistemы. - M:, Nauka, 1987.

4. Popov E.V. Obsheniye s EVM na yestestvennom yazыke. - M:, Nauka, 1986.

5. Gaaze-Rapoport M.G., Pospelov DA. Struktura issledovaniy v oblasti iskusstvennogo intellekta // Tolkovыy slovar po iskusstvennomu intellektu. –M.: Radio i svyaz, 1992. – S. 5–20.

6. Kudryavsev N.G. Iskusstvennыy intellekt. http://robionika.ru/pages/ii.php

7. Obshiy reshatel zadach A. Nyuell, Dj. Shou, G. Saymon «Modelirovaniye mыshleniya cheloveka s pomoщyu elektronno-vыchislitelnoy mashini» // Xrestomatiya po psixologii mishleniya. M.: 1981. S. 305-327.

8. Jomonkulova, F.E., Nizomov, M.Q., & Uralov, S.A. (2020). To make radical changes in the system of higher education for the training of qualified personnel. In Colloquium-journal (No. 29-2, pp. 13-14);

9. Jomonkulova, F.E., Tojiyev, N.S., Nizomov, M.Q., & Uralov, S.A. (2020). of informatization and its role in the economy of the country. In Colloquium-journal (No. 29-1, pp. 60-61);

10. Jomonkulova, FE, Tojiyev, NS, Nizomov, MQ, & Uralov, SA (2020). THE CONCEPT OF INFORMATIZATION AND ITS ROLE IN THE ECONOMY OF THE COUNTRY. In Colloquium-journal (No. 29-1, p. 60-61).

11. Jomonkulova, E. F., & Shadmanov, I. E. (2022). The Notion Of Information And Its Significance In The State Economy. British View, 7(4)

12. Jamankulova, F. (2022). CONNECTION OF BLOCKCHAINS WITH SOFTWARE SYSTEMS. ASEAN Journal on Science & Technology for Development, 39(4), 128-131.

13. Jamankulova, F., Toshniyozova, M., & Nizomova, D. (2022). The Most Necessary Aspects of Artificial Intelligence in Different Fields. Mathematical Statistician and Engineering Applications, 71(4), 7536-7542.

AXBOROT TEXNALOGIYALARINI TURIZMNI RIVOJLANTIRISHDA QO‘LLASHNI TAKOMILLASHTIRISH

E.F.Jomonqulova
Samarqand iqtisodiyot va servis instituti dotsenti, t.f.n
+998932959572 e-mail: fazilat_72@mail.ru

Annotatsiya: O‘zbekiston turizimi sohasi rivojlantirishda axborot texnalogiyalarini qo‘llashni yanada takomillashtirish, turistik mahsulotlarni xalqaro va ichki turizm bozorlarida targ‘ib qilish, turistik obektlarning yagona axborot bazasini shakllantirish imkoniyatlari yoritib berilgan.

Аннотация: В статье рассматривается возможности совершенствования применения информационных технологий в развитии сферы туризма, продвижения туристического продукта в международном и внутреннем туристическом рынке, формирования единой информационной базы туристических объектов в Узбекистане.

Annotation: The article considers the possibilities of improving the use of information technologies in the development of tourism, promotion of tourism product in the international and domestic tourism market, formation of a unified information base of tourist facilities in Uzbekistan.

Kalit so‘zlar: *turizm,electron axborot texnalogiyalari,turizm infratuzilmasi, turoperatorlar,turagentlar.*

Ключевые слова: *туризм, электронные информационные технологии, туристическая инфраструктура*, *туроператоры, турагенты.*

Key words: *Tourism, electronic information technology, tourism infrastructure, tour operators, travel agents.*

Ilgarilab borilayotgan ilmiy-texnikaviy taraqqiyot vaqtida zamonaviy biznes olami shunchalik keskin o‘zgarganligini tan olish kerakki, oldingi sharoitlarda ishlash uchun yaratilgan tashkilotlar faoliyat va tuzilish tamoyillarini takomillashtirishsiz yangi muhitga moslasha olmaymiz. Aynan shu nuqtai nazardan, biznesni "qayta rejalashtirish" tushunchasini talqin qilish kerak, bu "ishning tubdan qayta ko‘rib chiqish va biznesning hozirgi kundagi asosiy ko‘rsatkichlari, masalan, xarajat, sifat, xizmatlarni tezlik bilan o‘zgarishlarga erishish uchun tubdan qayta ko‘rib chiqish kerak" deb ta'riflangan [1].

Axborot texnologiyalari - bu qayta qurish va jiddiy raqobatdosh ustunliklarni qo‘lga kiritish uchun haqiqiy imkoniyat. Shubhasiz, kompaniyaning biznes jarayonlarini o‘zgartirish va raqobatchilardan sezilarli darajada ustun turish uchun texnologiyalar potentsialidan foydalanish bir martalik jarayon emas. Avvaliga kompaniyaning faoliyatida yaqqol foydalanilmasligi ko‘rinadigan yoki axborot texnologiyalarini qo‘llashning aniq, shuningdek, innovatsion yo‘nalishlarini ko‘rish uchun texnologiyaning potentsialini aniqlash uchun pragmatik qarash va ijodiy fikrlash kerak. Agar kompaniyalar doimiy texnologik o‘zgarishlar davrida muvaffaqiyat qozonishni istasalar, unda axborot texnologiyalaridan foydalanish qobiliyatini asosiy ko‘nikmalardan biri sifatida ko‘rib chiqish kerak.

Axborot texnologiyalaridan foydalanish strategik maqsadlarga erishish, xarajatlarni baholash va nazorat qilish, ulardan foydalanish samaradorligini oshirish uchun tasdiqlangan usullarni qo‘llash uchun ishlatilishi kerak bo‘lgan jiddiy investitsiyalarni talab qiladi. Har bir aniq vaziyat uchun umumiy tavsiyalar berishning iloji yo‘q.Yana bir narsa muhim - har bir muayyan biznesda o‘ziga xos noyob bo‘lgan axborot texnologiyalaridan - jahon bozorida etakchilik qilish imkonini beradigan umumiy metodologiya, falsafani tushunish. Texnologik poyga hamma uchun mos emas, shuning uchun axborot tizimlarining samaradorligini oshirishning ko‘plab usullari mavjud: oxirgi foydalanuvchilarga yo‘naltirilganlik, dasturiy ta'minotni o‘z-o‘zidan ishlab chiqish, ularning axborot resurslarini axborotni qayta ishlashga ixtisoslashgan kompaniyalarga topshirish va boshqalar.

Elektron tarmoqlar, xususan, Internet hozirda nafaqat sayyohlik mahsulotlari to‘g‘risida ma'lum ma'lumot olish imkoniyatini beradi, balki aviakompaniyalar,

mehmonxonalar va hokozo uchun ma’lumotlar uzatishni amalga oshiradi. Turizmda axborot texnologiyalarining tarqalishi qator qo‘shimcha ijtimoiy-madaniy, iqtisodiy va siyosiy omillarga bog‘liqligiga shubha yo‘q. Axborot texnologiyalarining o‘zi turizm xizmatlarining "yangi kombinatsiyasini" yaratishi mumkin emas. Faqatgina bir qator ijtimoiy, institutsional, ijtimoiy-siyosiy va madaniy omillar bilan texnologiyalarning uyg‘unligi tovarlar va xizmatlar, usullar, bozorlar va boshqalarning yangi kombinatsiyasini yaratishga olib keladi. Telekommunikatsiya tarmoqlari va tobora ko‘proq foydalanuvchilar uchun qulay interfeyslardan foydalanish kompyuter tizimlarini to‘g‘ridan-to‘g‘ri sayohatchiga taqdim etadi. Tizim to‘g‘ri qo‘llanilgan hollarda, AT yuqori sifatli xizmatni ta'minlaydi va shu bilan mijozlarning talablarini qondiradi. Biroq, yuqori texnologiyalar va tegishli shaxsiy e'tibor o‘rtasida ma'lum bir muvozanatni saqlash talab etiladi. Axborot texnologiyalarining mintaqaviy turizm sohasidagi rolini inobatga olgan holda, shuni esda tutish kerakki, taklif etilayotgan rivojlanish va turizmni rivojlantirish rejalari quyidagi savollarga javob berishi kerak:

1) turizm sohasining holati va uni rivojlantirishning asosiy muammolarini qanday baholash kerak;

2) turizmning qaysi mintaqa manfaatlariga mos keladigan asosiy yo‘nalishlari, pulni investitsiya qilishning eng samarali usulini aniqlash;

3) imidjni qanday yaxshilash va sayyohlar uchun mintaqaning jozibadorligini oshirish;

4) turizmni rivojlantirish orqali mintaqaning ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishini qanday rag‘batlantirish kerakligi [2].

Turizm sanoatining rivojlanishi mintaqadagi ishsizlikni kamaytirishga, mahalliy byudjetlarga tushumlarning sezilarli darajada ko‘payishiga va hududlarning obodonlashtirishga yordam beradi. Mintaqaviy darajada turizm biznesini axborot bilan ta'minlashning mavjud muammolari turizmni rejalashtirish va boshqarishda turizm (TIS) va geografik axborot tizimlari (GIS) yordamida hal qilinishi mumkin. Taklif qilinayotgan tizim hal qilishi kerak bo‘lgan asosiy vazifalar:

- sayohatchiga keng mavzular bo‘yicha batafsil va tegishli ma'lumotlarni taqdim etish;
- kichik turistik tashkilotlarga o‘z xizmatlari va takliflarini arzon va samarali sotish imkoniyatini berish;
- elektron tarmoqlar orqali axborotni har qanday tashkilotga tarqatishning arzon usulini taqdim etish;
- alternativ marketing tizimi va axborot tarqatish kanallarini taklif qilish;
- elektron turizm xizmatlarini sotish uchun ochiq iqtisodiy tizimni yaratish [2].

Turizm va geografik axborot tizimlarini yaratish va faoliyat yuritish sohasidagi xalqaro tajribaning tahlili shuni ko‘rsatadiki, ushbu tizimlar o‘ziga xos statistik to‘plam - mintaqadagi turizm biznesini rejalashtirish, tadqiq qilish va

marketing uchun ajralmas vosita sifatida koʻrib chiqilishi mumkin. Bundan tashqari, TIS va GIS turizmni rivojlantirishda davlat va munitsipal sarmoyalarni va xususiy kapitalni jalb qilish uchun davlat va mintaqaviy miqyosda qabul qilinadigan qarorlar uchun ishonchli asosni ta'minlaydi. Kuchli axborot-tahlil xizmati nafaqat zarur ma'lumotlarni toʻplash va tahlil qilishda, balki uning mintaqaviy axborot-reklama mahsulotini shakllantirishda ham yordam beradi. Shunga oʻxshash axborot tizimlariga moslashish yoʻlida ma'lum muammolar mavjud, masalan yangi texnologiyalarga qarshilik, yuqori xarajatlar, oʻqitilgan xodimlarning etishmasligi va boshqalar.Tizimlarning ilmiy laboratoriyalardan amaliy dunyoga oʻtishi bilan texnologiyalar va potentsial foydalanuvchilarni izlash muammolari paydo boʻladi. Aksariyat sayyohlik kompaniyalari, odatda, oflayn rejimda ishlaydigan kompyuterlar bilan jihozlangan.

Turizm sohasida yagona mintaqaviy axborot tarmogʻini bosqichma-bosqich qurish jarayonida loyihaning turli ishtirokchilari oʻrtasida modem aloqasini amalga oshirish mumkin. Oʻzbekistonning turizm sohasidagi axborot texnologiyalari bozori tahlili shuni koʻrsatadiki, hozirgi vaqtda nafaqat ichki ofis ishlarining turli tomonlarini avtomatlashtirish, balki lokal tarmoqlar va masofadan zaxira tizimlarini yaratish imkoniyatlari mavjud. Elektron tarmoqlardan foydalanish iste'molchini tez, arzon, tashkillashtirilgan, ikki tomonlama, toʻgʻridan-toʻgʻri va mustaqil axborot kanalini taqdim etadigan taklifga yaqinlashtirishi mumkin. Yuqoridagi misollar sayohatni rejalashtirishda xalqaro Internetning imkoniyatlarini namoyish etadi. Hozirgi vaqtda elektron tarmoqlarga etkazilgan turistik ma'lumotlarning aksariyati statikdir. Shu sababli, oʻz biznesida Internetdan foydalanadigan sayyohlik kompaniyalari hali ham elektron tarmoqlarning mavjud afzalliklaridan foyda olish imkoniga ega emaslar. Shu sababli, qaror qabul qilinishidan oldin, tavsiya etilgan ta'tilning joyi toʻgʻrisidagi ma'lumotning dinamik qismi sayohatchiga juda muhim ekanligini ta'kidlash kerak.

Turizm kompaniyalari oʻz faoliyatlarida nafaqat axborot texnologiyalarini qoʻllashda xorijiy tajribaga tayanibgina qolmay, balki bozor oʻzgarishlari dinamikasiga oʻz vaqtida javob bera olishlari va oʻz faoliyatlariga yangi axborot tizimlarini joriy etishlari kerak. Yangi texnologiyalarning imkoniyatlarini taniy oladigan va ulardan foydalanadiganlar oʻzlarining raqobatchilaridan doimiy va ortib boradigan ustunlikka ega boʻladilar.

Ba'zi natijalarni sarhisob qilsak, umuman olganda, Oʻzbekiston sayyohlik kompaniyalari rahbarlari soʻnggi ma'lumotlarning (xususan, kompyuter texnologiyalarining) joriy etilishi boʻyicha turlicha qarashlarga ega ekanliklarini ta'kidlaymiz. Ba'zilarning ogohlantirishicha, dasturchilar ta'sirida menejerlar koʻpincha global axborot tizimlarining qudratiga ishonmaydilar, bu esa avtomatik ravishda boshqaruv sohasida har qanday qaror qabul qilish uchun barcha kerakli ma'lumotlarni taqdim etadi. Boshqalarning ta'kidlashicha, hatto toʻgʻri ishlatilgan kompyuter ham boshqaruv qarorlarini qabul qilish uchun ma'lumotlar chiqarish jarayonini bosqichma-bosqich yaxshilashni ta'minlaydi. Albatta, har bir

kompaniyaga axborot tizimlari kerak, ammo menejerlar hech qanday kompyuter hech qachon aytib bera olmaydigan ko‘p narsalarni bilish uchun o‘zlarining aql-idrokiga va mantig‘iga ishonishlari kerak. Axir, shundan keyingina ular kompaniyaning tashqi va ichki muhitidagi o‘zgarishlarga moslashuvchan tarzda javob qaytarishlari va tegishli qarorlar qabul qilishlari mumkin. Ushbu vazifani bajarish quyidagi xususiyatlarga ega bo‘lgan axborot texnologiyalari tizimlarini qurishni talab qiladi:

a) maksimal foydalanish imkoniyati - har bir kishi har qanday vaqtda va istalgan joyda IT resurslaridan foydalanishi mumkin;

b) har qanday axborot ob'ekti bir vaqtning o‘zida ko‘pchilik uchun ochiq bo‘lishi kerak;

c) ilovalarning manevrliligi - tarmoq arxitekturasiga o‘tish zarur, bu esa AT bo‘limlarini tashkil qilish va ishida jiddiy o‘zgarishlarga olib keladi.

Qisman, bu sayohat sohasida ishlatiladigan ma'lumotlarning tabiatiga bog‘liq. Birinchidan, bu ma'lumotlar vaqtga juda sezgir, chunki ko‘pincha turli xil sana o‘zgaradi - voqealar, jadvallar va boshqalar. Ikkinchidan, sayyohlik mahsulotlari to‘g‘risidagi ma'lumotlar dunyoning turli burchaklaridan o‘z vaqtida olinishi kerak. Uchinchidan, sayyohlik mahsuloti ko‘plab tarkibiy qismlardan iborat - transport, turar joy, o‘yin-kulgi, shuningdek, ularning qoniqarli etkazib berilishini muvofiqlashtirish uchun tezkor ma'lumotlarni etkazib berishni talab qiladi. Shuning uchun turizmni rivojlantirish uchun uning barcha ijtimoiy va iqtisodiy funktsiyalarini amalga oshirish, uni haqiqiy sohaga aylantirish, faoliyat samaradorligini va ishlab chiqarish zanjiridagi barcha bo‘g‘inlarning o‘zaro ta'sirini oshirish va turistik mahsulotni iste'molchiga etkazish zarur. Ushbu maqsadga erishish vositalaridan biri bu G‘arb mamlakatlarida ishlatiladigan telekommunikatsiya va kompyuter tizimlariga asoslangan turistik xizmatlar bozorini axborotlashtirishdir. Biroq, yuqorida aytib o‘tilganlarning asosiy maqsadi turizmda mavjud bo‘lgan axborot texnologiyalarining barcha afzalliklari va imkoniyatlarini namoyish etish emas.Axborot texnologiyalarining asl kuchi ular eski biznes-jarayonlarning yaxshiroq ishlashiga imkon berishida emas, balki tashkilotlarga ishning yangi usullarini yaratishda va samaradorlik va raqobatdoshlikni oshirishda muhim rol o‘ynashda yordam berishidir.

Xulosa: Hozirgi kunda turizm sohasi raqobat darajasi yuqori bo‘lgan sohadir. Borgan sari biz yangi sayyohlik agentligi ochilishining guvohi bo‘lmoqdamiz. Yangi tushunchalar ma'lum iste'molchilar guruhlarining ehtiyojlarini to‘liq qondirish maqsadida yaratilgan. Korxonalar tashkil etilib, bir muncha vaqt o‘tgach, ularning ba'zilari raqobatga bardosh bera olmaydilar va o‘z bizneslarini tashlay olmaydilar.

So‘nggi yillarda zamonaviy turizm sohasi yangi kompyuter texnologiyalarining joriy qilinishi munosabati bilan juda katta o‘zgarishlarga duch keldi. Zamonaviy axborot texnologiyalaridan foydalanmasdan har qanday kompaniyaning turistik biznes bozorida muvaffaqiyatli ishlashini tasavvur qilib bo‘lmaydi.

Turistik mahsulotlarni ishlab chiqish va amalga oshirish texnologiyasining o‘ziga xos xususiyatlari, transport vositalarining mavjudligi va turistlar uchun turar joy variantlari to‘g‘risida imkon qadar tezroq ma'lumot olishni, o‘rindiqlarni tez bron qilish va bron qilishni ta'minlaydigan, shuningdek turistik xizmatlarni ko‘rsatishda yordamchi vazifalarni hal qilishni avtomatlashtiradigan tizimlarni talab qiladi (bunday hujjatlarni parallel ravishda qayta ishlash, chiptalar, hisob-kitoblar va qo‘llanmalar, hisob-kitob ma'lumotlari bilan ta'minlash va hk). Bunga axborotni qayta ishlash va uzatish uchun zamonaviy kompyuter texnologiyalarini turizmda keng qo‘llash orqali erishish mumkin. Ushbu hujjatda turizmda axborot texnologiyalari muammosining nazariy jihatlari, "axborot texnologiyalari" tushunchasi taqdim etildi, axborot texnologiyalari va turizmning o‘zaro bog‘liqligi o‘rganildi, turizmda axborot texnologiyalari muammosining amaliy jihatlari tahlil qilindi, turizmda ishlatiladigan axborot mahsulotlari tavsiflandi,bron qilish tizimlari, hujjat aylanish tizimlari. Turizm faoliyatida Internet tarmog‘idan foydalanishning dolzarb masalalariga katta e'tibor qaratildi. Turizmni rivojlantirishda axborot texnologiyalarini qo‘llashning asosiy tushunchalari ta'kidlandi.

Adabiyotlar

1. Ўзбекистон Республикасида туризм тармоғини ривожлантиришнинг ўрта муддатли истиқболга мўлжалланган Концепцияси. – Т., 2017. 18 б.
2. Axborot texnalogiyalari 2006 O‘quv qullanma C.Косимовю
3. *Кастельс М.* Информационная эпоха: экономика, общество и культура. / пер. с англ. М.: Изд-во Высшей школы экономики, 2000.
4. География туризма. Учебник, под ред. А.Ю.Александровой.- М.:КНОРУС, 2015. 118 с.

MEHMONXONA BIZNESIDAGI ONLAYN BRONLASH TIZIMLARINING ROLI VA SAMARADORLIGI

E.F.Jomonqulova
Samarqand iqtisodiyot va servis instituti dotsenti, t.f.n +998932959572
e-mail: fazilat_72@mail.ru

Annotatsiya: Ushbu maqolada onlayn bronlash tizimlarining mehmonxona biznesidagi roli va samaradorligi tahlil qilinadi. Maqola raqamli transformatsiya sharoitida xizmat ko‘rsatish jarayonlarini avtomatlashtirish, narxlarni dinamik boshqarish, mijozlar bilan aloqalarni optimallashtirish va raqobatbardoshlikni oshirishdagi bronlash tizimlarining ahamiyatini yoritadi. Maqolada bronlash tizimlarining an’anaviy vositachilik funksiyasidan smart texnologiyalar bilan integratsiyalashgan intellektual tizim darajasigacha

evolyutsiyasi ko‘rsatilib, ularning iqtisodiy, texnologik va marketing samaradorligi tahlil qilinadi. Shu bilan birga, global platformalarga qaramlik, komissiya to‘lovlari va raqobat muammolari kabi salbiy jihatlar aniqlanib, mustaqil bronlash tizimlarini rivojlantirish zarurati ta’kidlangan. Umuman olganda, maqola turizm va mehmonxona sohasida onlayn bronlash tizimlarini joriy etish va takomillashtirishning amaliy va strategik ahamiyatini ilmiy asosda yoritadi.

Kalit so‘zlar: Onlayn bronlash tizimi, Mehmonxona biznesi, Raqamli transformatsiya, Xizmat samaradorligi, Smart turizm, Narxlarni dinamik boshqarish, Mijozlar bilan aloqa, Raqobatbardoshlik.

Mazkur maqolada onlayn bronlash tizimlarining mehmonxona biznesidagi roli va samaradorligini aniqlash maqsadida kompleks yondashuv asosida ilmiy maqola metodlari qo‘llanildi. Maqolaning metodologik asosi sifatida tizimli tahlil, taqqoslash, statistik kuzatuv va kontent tahlili usullaridan foydalanildi. Ushbu metodlar tanlanishida asosiy e’tibor mavzuning ko‘p qirrali ekanligiga, ya’ni u nafaqat texnologik, balki iqtisodiy va boshqaruv jihatlarini ham qamrab olishiga qaratildi. Shu sababli, maqola jarayonida turizm va mehmonxona sohasida raqamli texnologiyalarni o‘rganishga bag‘ishlangan ilmiy adabiyotlar chuqur tahlil qilinib, ularda keltirilgan nazariy qarashlar amaliy ma’lumotlar bilan uyg‘unlashtirildi.

Maqolaning asosiy ma’lumot bazasi sifatida foydalanuvchi tomonidan taqdim etilgan uchta ilmiy manba xizmat qildi. Ushbu manbalarda onlayn bronlash tizimlarining ishlash mexanizmi, ularning sayyohlik agentliklari va mehmonxonalar o‘rtasidagi o‘zaro aloqalarni shakllantirishdagi roli, shuningdek raqamli texnologiyalar asosida xizmat ko‘rsatish samaradorligini oshirish imkoniyatlari batafsil yoritilgan. Mazkur ma’lumotlar kontent tahlili usuli orqali qayta ishlanib, ularning umumiy va farqli jihatlari aniqlashtirildi. Xususan, birinchi manbada bronlash tizimlarining vositachilik funksiyasi va real vaqt rejimida ishlash imkoniyatlari o‘rganilgan bo‘lsa, ikkinchi va uchinchi manbalarda ularning raqamli transformatsiya jarayonidagi o‘rni hamda smart texnologiyalar bilan integratsiyasi tahlil qilindi.

Shuningdek, maqolada qiyosiy tahlil usuli yordamida an’anaviy bronlash usullari bilan onlayn bronlash tizimlari o‘rtasidagi farqlar aniqlab berildi. Bu jarayonda xizmat ko‘rsatish tezligi, ma’lumotlarning aniqligi, mijozlar bilan aloqaning samaradorligi va xarajatlar darajasi kabi mezonlar asos qilib olindi. Maqola natijalariga ko‘ra, onlayn bronlash tizimlari an’anaviy usullarga nisbatan sezilarli ustunlikka ega ekanligi, xususan, inson omiliga bog‘liq xatoliklarni kamaytirishi, xizmat ko‘rsatish vaqtini qisqartirishi va mijozlarga mustaqil tanlov imkonini yaratishi ilmiy jihatdan asoslab berildi. Bu yondashuv yuqorida tahlil qilingan adabiyotlar bilan hamohang ravishda shakllantirildi.

Bundan tashqari, statistik tahlil elementlari ham qo‘llanilib, turizm sohasida raqamli texnologiyalarni joriy etish natijasida xizmatlar hajmi va mijozlar oqimining oshishi kabi tendensiyalar umumlashtirildi. Ilmiy

manbalarda keltirilgan ma’lumotlarga ko‘ra, so‘nggi yillarda onlayn bronlash tizimlari orqali amalga oshiriladigan buyurtmalar ulushi keskin oshgan bo‘lib, bu holat mehmonxona biznesida raqamli texnologiyalarning ahamiyatini yanada kuchaytirgan. Shu bilan birga, maqola jarayonida ushbu tizimlarning samaradorligini baholashda iqtisodiy ko‘rsatkichlar, jumladan daromadning oshishi, xarajatlarning kamayishi va marketing faoliyatining optimallashuvi kabi omillar ham inobatga olindi.

Metodologiyaning yana bir muhim jihati sifatida tizimli yondashuv qo‘llanildi. Bu yondashuv orqali onlayn bronlash tizimlari mehmonxona biznesining alohida elementi sifatida emas, balki yagona integratsiyalashgan tizimning tarkibiy qismi sifatida o‘rganildi. Ya’ni, bronlash tizimlari mijozlar bilan aloqalar, marketing strategiyalari, xizmat ko‘rsatish jarayonlari va boshqaruv qarorlarini qabul qilish tizimi bilan uzviy bog‘liq holda tahlil qilindi. Bu esa maqola natijalarining yanada chuqur va asosli bo‘lishini ta’minladi.

Shu bilan birga, maqolada mavjud ilmiy yondashuvlarga tayangan holda deduktiv va induktiv metodlar ham qo‘llanildi. Deduktiv yondashuv orqali umumiy nazariy qarashlardan kelib chiqib, onlayn bronlash tizimlarining mehmonxona biznesidagi aniq funksiyalari va samaradorligi tahlil qilindi. Induktiv yondashuv esa alohida kuzatuvlar va faktlar asosida umumiy xulosalar chiqarishga xizmat qildi. Bu ikki metodning uyg‘un qo‘llanilishi maqolaning ilmiy asoslanganligini oshirdi va mavzuni har tomonlama yoritishga imkon berdi.

Umuman olganda, mazkur metodologiya maqolaning maqsad va vazifalariga to‘liq mos keladi hamda onlayn bronlash tizimlarining mehmonxona biznesidagi o‘rni va samaradorligini chuqur va kompleks tarzda o‘rganish imkonini beradi. Tanlangan metodlar va yondashuvlar yuqorida tahlil qilingan adabiyotlar bilan uzviy bog‘liq bo‘lib, ularning nazariy asoslarini amaliy jihatdan tasdiqlashga xizmat qiladi.

Mazkur maqola natijalari shuni ko‘rsatadiki, onlayn bronlash tizimlari mehmonxona biznesining samaradorligini oshirishda hal qiluvchi omillardan biriga aylangan. Tahlil qilingan ilmiy manbalar asosida aniqlanishicha, ushbu tizimlar nafaqat xizmat ko‘rsatish jarayonlarini tezlashtiradi, balki mehmonxonalar faoliyatini boshqarishda strategik vosita sifatida ham xizmat qiladi. Xususan, real vaqt rejimida ishlovchi bronlash tizimlari orqali mehmonxonalar o‘z xonalarining bandlik darajasini doimiy nazorat qilish imkoniga ega bo‘lib, bu esa resurslardan samarali foydalanishni ta’minlaydi. Natijada, bo‘sh qolayotgan xonalar soni kamayadi va umumiy daromad hajmi oshadi.

Maqola davomida aniqlangan yana bir muhim natija shundan iboratki, onlayn bronlash tizimlari mijozlar uchun xizmatlardan foydalanishni sezilarli darajada soddalashtiradi. Ya’ni, mijozlar istalgan vaqtda va istalgan joydan turib mehmonxona xizmatlarini tanlash, taqqoslash va bron qilish imkoniyatiga ega bo‘ladi. Bu esa mijozlarning qaror qabul qilish jarayonini tezlashtiradi hamda

ularning qoniqish darajasini oshiradi. Ilmiy manbalarda keltirilgan ma’lumotlarga asoslanib aytish mumkinki, mijozlarga qulaylik yaratish darajasining oshishi bevosita talabning ortishiga olib keladi. Shu jihatdan qaraganda, bronlash tizimlari marketing vositasi sifatida ham samarali faoliyat yuritadi.

Shuningdek, natijalar shuni ko‘rsatadiki, raqamli texnologiyalar bilan integratsiyalashgan bronlash tizimlari mehmonxonalar uchun keng imkoniyatlar yaratadi. Xususan, narxlarni dinamik boshqarish, ya’ni talab va taklifga qarab avtomatik tarzda o‘zgartirish imkoniyati mehmonxonalar daromadini optimallashtirishda muhim rol o‘ynaydi. Maqolada tahlil qilingan manbalarga ko‘ra, bunday yondashuv orqali mehmonxonalar yuqori talab davrida maksimal foyda olish, past talab davrida esa mijozlarni jalb qilish imkoniyatiga ega bo‘ladi. Bu esa an’anaviy boshqaruv usullariga nisbatan ancha samarali hisoblanadi.

Natijalardan yana biri shundan iboratki, onlayn bronlash tizimlari mehmonxona va mijoz o‘rtasidagi kommunikatsiyani yangi bosqichga olib chiqadi. Ushbu tizimlar orqali mijozlarning fikr-mulohazalari, baholari va sharhlari tezkor ravishda yig‘iladi va tahlil qilinadi. Bu ma’lumotlar mehmonxonalarga xizmat sifatini yaxshilash, kamchiliklarni bartaraf etish va mijozlarga yanada moslashtirilgan xizmatlar taklif qilish imkonini beradi. Ayniqsa, smart texnologiyalar bilan uyg‘unlashgan tizimlar mijozlarning xatti-harakatlarini tahlil qilib, ularga individual takliflar berish imkoniyatini yaratadi.

Biroq maqola natijalari faqat ijobiy jihatlar bilan cheklanmaydi. Ayrim ilmiy manbalarda ta’kidlanganidek, onlayn bronlash tizimlariga yuqori darajada bog‘liqlik mehmonxonalar uchun ma’lum xavflarni ham yuzaga keltiradi. Xususan, global platformalarga to‘lanadigan komissiya to‘lovlari daromadning bir qismini kamaytiradi. Bundan tashqari, kuchli raqobat sharoitida mehmonxonalar o‘z xizmatlarini ajratib ko‘rsatishda qiyinchiliklarga duch kelishi mumkin. Shu sababli, maqola natijalari mehmonxonalar uchun o‘zining mustaqil bronlash tizimlarini rivojlantirish ham muhim ekanligini ko‘rsatadi.

Yana bir muhim natija sifatida shuni qayd etish mumkinki, onlayn bronlash tizimlari turizm sanoatida umumiy raqamli transformatsiya jarayonining ajralmas qismi hisoblanadi. Ular nafaqat mehmonxona ichki jarayonlarini optimallashtiradi, balki transport, tur paketlari va boshqa xizmatlar bilan integratsiyalashgan holda yagona xizmat ko‘rsatish tizimini shakllantiradi. Bu esa “aqlli turizm” konsepsiyasining amaliy ko‘rinishi bo‘lib, turizm infratuzilmasining samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

Umuman olganda, maqola natijalari onlayn bronlash tizimlari mehmonxona biznesida iqtisodiy, texnologik va marketing jihatdan yuqori samaradorlikni ta’minlashini ko‘rsatdi. Ularning joriy etilishi xizmat sifatini oshirish, mijozlar bazasini kengaytirish va daromadni ko‘paytirish kabi muhim natijalarga olib keladi. Shu bilan birga, ularni to‘g‘ri boshqarish va mustaqil

tizimlar bilan muvozanatlash mehmonxonalar uchun uzoq muddatli barqaror rivojlanishni ta’minlaydi.

Xulosa

Mazkur maqola natijalari asosida shuni qat’iy ta’kidlash mumkinki, onlayn bronlash tizimlari zamonaviy mehmonxona biznesining ajralmas va strategik ahamiyatga ega bo‘lgan komponentiga aylangan. Maqola davomida tahlil qilingan ilmiy adabiyotlar hamda olib borilgan metodologik yondashuvlar shuni ko‘rsatdiki, ushbu tizimlar mehmonxonalar faoliyatining deyarli barcha yo‘nalishlariga bevosita ta’sir ko‘rsatadi.

Yakuniy xulosa sifatida aytish mumkinki, onlayn bronlash tizimlari mehmonxona biznesining nafaqat hozirgi holatini, balki uning kelajakdagi rivojlanish yo‘nalishlarini ham belgilab bermoqda. Ular turizm sanoatining raqamli asosga o‘tishida markaziy o‘rin egallab, xizmatlar sifatini oshirish, boshqaruv samaradorligini kuchaytirish va mijozlar ehtiyojlarini yanada chuqurroq qondirish imkonini yaratadi. Shu nuqtai nazardan, ushbu tizimlarni takomillashtirish, ularni yangi texnologiyalar bilan integratsiya qilish va ulardan samarali foydalanish mehmonxona biznesining barqaror rivojlanishini ta’minlovchi asosiy omillardan biri hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Dilnoza Yunusova, Asilbek Ahmadov. Ehmonxona sohasida bronlashtirish tizimlari. Scientific progress 2022.
2. Rasulova Nazokat. O‘zbekistonda onlayn bronlasah tizimlari. Ta’lim, tarbiya va innovatsiyalar jurnali 2025.
3. Olimjonova Sehriyo. Onlayn bronlashtizimlari va sayohat agentliklari faoliyati. Илучшие интеллектуальные исследования 2025.

IQTISODIYOTDA BLOKCHEYNLARNING ISHLATILISHI.

E.F.Jomonqulova
Samarqand iqtisodiyot va servis instituti dotsenti, t.f.n
+998932959572 **e-mail: fazilat_72@mail.ru**

Annotasiya: Masolada raqamli iqtisodiyot va blokcheyn tushunchasiga ta’rif keltirilgan bo‘lib, uni ishlash tizimi haqida ma’lumotlar keltirilgan. Mazkur texnologiyani qo‘llash sohalari va yo‘nalishlari haqida fikr yuritilgan. Jumladan, xo‘jalik yurituvchi subyektlar faoliyatida "blokcheyn" texnologiyasini qo‘llash va undan samarali foydalanish istiqbollari ko‘rib chiqilgan.

Kalit so‘zlar: raqamli iqtisodiyot, raqamli texnologiyalar, blokcheyn, kriptovalyuta, bitkoyn, transaksiya, tizim, moliyaviy muassasalar, iqtisodiy jarayonlar, blokli zanjir.

Аннотация: В статье описывается понятие цифровой экономики и блокчейна, а также предоставляется информация о ее операционной системе. А также обсуждаются сферы и направления использования данной

технологии. В частности, рассмотрены перспективы использования и эффективность технологии «блокчейна» в деятельности хозяйственных субъектов.

Ключевые слова: цифровая экономика; цифровые технологии; блокчейн; криптовалюта, биткойн, трансакция, система, финансовые учреждение, экономические процессы, цепочка блоков.

Abstract: The article describes the concept of digital economy and blockchain, as well as provides information about its operating system. And also discusses the scope and use of this technology. In particular, the prospects for the use and effectiveness of the blockchain technology in the activities of business entities are considered.

Keywords: digital economy; digital technology; blockchain; cryptocurrency, bitcoin, transaction, system, financial institution, economic processes, chain of blocks.

Blokcheynlaming iqtisodiy ahamiyati haqida to‘xtalib o‘tadigan bo‘lsak, ko‘pincha *“Blokcheyn – ma’lumotlami saqlash uchun taqsimlangan reyestr...”* deb tushuntiriladi. Ushbu izohni bir necha marta eshitiladi, biroq hech narsani tushunmagan bo‘lishingiz mumkin. **Blokcheyn** – bir-biri bilan internet orqali bog‘langan ko‘plab kompyuterlarda bir vaqtning o‘zida saqlanuvchi ma’lumotlar bazasi. Uning nega kerakligini misol yordamida tushuntirish osonroq. AQSh dagi akangizga bank jo‘natmalari orqali 100 dollar yubordingiz deb tasavvur qiling.

Jo‘natma shaklini to‘ldirganingizdan so‘ng bank xodimi shaxsiy hisobingizdan pulni yechib olib, uni xalqaro o‘tkazmalar uchun bankning yagona hisobiga o‘tkazadi. Shundan so‘ng boshqa xodim bu pullami agent bankning hisobiga o‘tkazadi, u esa, o‘z navbatida, pullami AQSh ga o‘tkazadi. U yerda o‘tkazmangiz aynan shu taxlit akangizning shaxsiy hisobiga tushadi. Jo‘natma davomida hech kim xatoga yo‘l qo‘ymagan bo‘lsa, uch kun o‘tib akangiz 97 dollami oladi ***(barcha banklaming komissionlari olingandan so‘ng***). Biroq eng qo‘rqinchlisi, shu uch kun ichida na siz va na sizning akangiz, qolaversa, bankirlardan hech biri ayni vaqtda pullaringiz qayerda ekanligi va ulaming hisobini kim yuritayotganligini bilmaydi. Serveming kutilmaganda buzilib qolishi, bank xodimining insofsizligi yoki xakerlik hujumi uzoq surishtiruvlaming boshlanishiga sabab bo‘lishi mumkin. Axir bu kabi hodisalar hisobingizdagi pullar bilan ham sodir bo‘lishi mumkin. Demak, siz har kuni tizimga umid qilasiz va bankingizga ishonasiz, bu esa katta muammo. Hozirda blokcheynlar asosan **kriptovalyuta jo‘natmalari** uchun foydalanilmoqda. Biroq u turli tashkilotlaming turli maqsadlari uchun ham faol joriy etilmoqda.

Blokcheynning afzalligi uning shaffof, tezkor, soddaligi va qiymatida. Siz kriptovalyuta yoki biror ma’lumotni blokcheyn orqali jo‘natgan bo‘lsangiz, bunday jo‘natma haqida ma’lumotni o‘zgartirish yoki qalbakilashtirishning imkoni yo‘q. Chunki u butun dunyo bo‘yicha yuz minglab kompyuterlar tomonidan tasdiqlanadi. Aynan ushbu kompyuterlarda ushbu ma’lumotning ko‘plab nusxalari saqlanadi – ular bilan istalgan foydalanuvchi istalgan vaqtda

tanishishi mumkin. Jo‘natma jarayoni bor- yo‘g‘i bir necha daqiqa vaqt oladi va bank jo‘natmasidan bir necha o‘n marta arzondir. Agar siz pullar yoki ma’lumotni blokcheynda saqlasangiz ushbu qaydlar hech qachon yo‘qolib ketmaydi yoki soxtalashtirilmaydi.Istalgan ishtirokchi istalgan daqiqada moliyaviy ahvolingizga ishonch hosil qilishi mumkin. Hech qanday uchinchi tomon yoki vositachi ishtirokisiz, to‘liq shaffoflik va hisoblar aniqligining matematik kafolati ta’minlab beriladi.



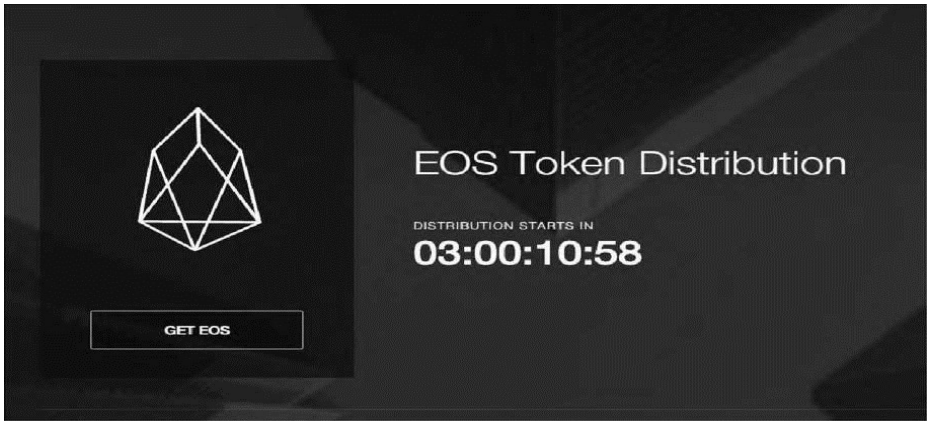
Endi **ICO** ***(Initial Coin Offering - kriptovalyutani birlamchi joylashtirish)*** nimaligi haqida qisqacha ma’lumot berishga harakat qilamiz. Buni tushunish uchun attraksionlar parkini tasavvur qiling. Uning kirish qismida park emblemasi tushirilgan jetonni xarid qilasiz va turli ko‘ngilochar o‘yinlar va attraksionlar uchun u bilan to‘lov qilasiz. Blokcheynlar bilan ishlovchi turli loyihalar (*masalan, ma ’lumotlarni saqlashga ixtisoslashganlar*) ham ana shunday jetonlar chiqaradi.

Ular tanga yoki **token** deb ataladi. Xaridor ana shunday token xarid qilib, uning yordamida loyihaning biror-bir xizmati, aytaylik, ma’lumotlar bazasidagi o‘z saqlash joyi hajmini oshirish uchun to‘lovni amalga oshiradi. Agar bunday loyiha ommalashsa, tokenlaming ham qiymati oshadi. Blokcheyn-loyihalar tokenlar chiqarganda, ulami odamlar xarid qila olishi uchun bozorga joylashtiradi. Bu tanga - tokenlami birlamchi joylashtirish *–ICO-Initial Coin Offeringdir.*

ICO lar ichida eng taniqli bo‘lganlardan bin **GNOSIS** deb nomlangan va u ishga tushurilgandan so‘ng 15 daqiqa ichida 12 million dollarga ekvivalent bo‘lgan mablag‘ yig‘ishga erishgan. Ammo bu paytda u o‘zining faqatgina 5% GNO tokenlarinigina chiqargan edi xolos. Bu degani, GNOSIS 300 million potentsiyal dollarga teng tokenlar kapitalizatsiyasiga ega bo‘lgan holda, biror bir hayotchan tijoriy mahsulot ishlab chiqarmasdan turib, yaxshigina mablag‘ga ega bo‘lishidir.

GNOSIS bo‘yicha materiallami o‘rganish ICO ning tuzilishini, uning ishlashini, GNO tokenlarining qanday faoliyat ko‘rsatishini va xaridor uchun foydasini tushunish imkonini beradi. *Gnosis Limited* kompaniyasining “*Tokenlarni sotish shartlari*” deb nomlangan hujjatda uning huquqiy tomonlari har qanday moliyaviy instrument kabi juda chuqur yoritilgan, ammo undagi iqtisodiy tomonlar va murakkaliklar deyarli ko‘rib chiqilmagan. Moliyaviy injiniring sohasidagi mutahassislar uchun ham bunday chalkash masalalami chuqur o‘rganib chiqish unchalik oson emas. Agarda tokenlar yangi kriptovalyutalaming tokenlari bo‘lmasalar, ICO da foydalaniladigan tokenlaming kriptovalyutalar bilan hech qanday umumiy tomoni yo‘q. Kriptovalyuta - ommaviy blokcheynning ichki hisob birligi bo‘Isa, tokenlar - investorning kompaniya tomonidan pulga alishtiriladigan raqamli aktividir.

Kriptovalyutani mayning yordamida topadilar, tokenlar emissiyasini esa uni chiqargan tashkilot amalga oshiradi. Kriptovalyuta bilan tokenning asosiy farqi shundaki, tokenda blokcheyn ham, hamyon ham yo‘q, lekin kriptovalyutada bularning ikkalasi ham bor. ICO biror bir loyihaga pul jalb qilish uchun chiqariladi va sotiladi, pul to‘lab kontrakt funksiyasini bajaruvchi tokenlar sotib olgan insonlarga esa tokenlar o‘rniga nimadir berish taklif etiladi.



Blokcheyn texnologiyasini uzlashtirish maqsadida R3 konsersiumi tashkil qilingan bo‘lib, uning tarkibiga jahon mikyosidagi Goldman Sachs, JP Morgan, Credit Suisse, Barclays kabi yirik banklar kirgan. Banklar blokcheyn texnologiyasini bank operasiyalarida xarajatlarni kamaytiish yoki umuman yuq qilish vositasi sifatida qaraydilar.

Xulosa qilib aytadigan bo‘lsak, iqtisodiyotimizni rivojlantirish, yangilash va modernizasiya qilish bo‘yicha olib borilayotgan oqilona iqtisodiy islohotlar natijasida bugungi kunda innovatsion iqtisodiyotni rivojlantirishga erishilmoqda. Jumladan, xo‘jalik yurituvchi subyektlar faoliyatida korporativ moliyaviy boshqaruvni samarali yulga qo‘yish, ularda moliyaviy rejalashtirishni amalga oshirishda "blokcheyn" texnologiyalaridan foydalanish masalalari ko‘rilmoqda.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1.Алетдинова А.А.,Аренков И.А., Бабкин А.В. и др. Цифровая трансформация экономики и промышленности: проблемы и перспективы: моногр. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017.

2.Бабкин А.В., Буркальцева Д.Д., Костень Д.Г., Воробьев Ю.Н. Формирование цифровой экономики в России: сущность, особенности, техническая нормализация, проблемы развития // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2017.

3.Савельев И.Е. Технология blockchain и ее применение // Прикладная информатика. 2016

4.Киселев И.М. Применение технологии в экономике // Экономика и социум. 2016. № 7.

5.Paul Vigna, Michael Casey.The Age of Cryptocurrency: How Bitcoin and the Blockchain Are Challenging the Global Economic Order., 2015.

6.Melanie Swan. Blockchain: Blueprint for a New Economy., 2015.

7.Tapscott D., Tapscott A. Blockchain Revolution: How the Technology Behind Bitcoin Is Changing Money, Business, and the World, London Portfolio/Penguin, 2016.

8.Marr B. Practical Examples Of How Blockchains Are Used In Banking And The Financial Services Sector // Forbes. 2017.

9.William Mougayar.The Business Blockchain: a Primer on the Promise, Practice and Application of the Next Internet Technology. 2016.

HUDUDLARDA POCHTA-KURYERLIK LOGISTIKA INFRATUZILMASINIRIVOJLANTIRISH ORQALI XIZMAT KO‘RSATISH SAMARADORLIGINI TA’MINLASH

Narmuradov Ulugbek Ziyadullayevich
Samarqand iqtisodiyot va servis instituti assistent
tel:+998979238448 e-mail: *unarmuradov84@gmail.com*

Annotatsiya: Mazkur maqolada O‘zbekiston hududlarida pochta-kuryerlik logistika infratuzilmasini xizmatlar oqimining hududiy tarkibi bilan muvofiqlashtirish orqali xizmat ko‘rsatish samaradorligini oshirish masalalari tadqiq etilgan. 2026-yil yanvar–iyun oylaridagi rasmiy statistika asosida pochta va kuryerlik xizmatlari hajmining hududlar kesimidagi konsentratsiyasi baholangan, hududiy ulush, o‘rtacha hududiy hajmga nisbati va og‘ish ko‘rsatkichlari hisoblangan. Tadqiqotda pochta-kuryerlik tarmog‘ini markaziy logistika hubi, hududiy saralash-taqsimlash markazlari, tumanlararo mikro-hublar, mahalliy konsolidatsiya punktlari va yagona raqamli boshqaruv qatlami asosida ko‘p pog‘onali tashkil etish taklif etiladi. Ushbu yondashuv transport

yelkasini qisqartirish, saralash va tranzit vaqtini kamaytirish, infratuzilma quvvatlaridan oqilona foydalanish hamda hududiy xizmat qamrovini barqarorlashtirishga qaratilgan.

Kalit so‘zlar: pochta xizmatlari, kuryerlik xizmatlari, logistika infratuzilmasi, hududiy logistika, logistika hubi, saralash markazi, micro-hub, last-mile, xizmat samaradorligi, hududiy qamrov, logistika tarmog‘i.

Аннотация: В статье исследуются вопросы повышения эффективности почтово-курьерского обслуживания в регионах Узбекистана на основе согласования логистической инфраструктуры с территориальной структурой потоков услуг. На базе официальной статистики за январь–июнь 2026 года оценена региональная концентрация объема почтовых и курьерских услуг, рассчитаны доли регионов, отношение к среднему региональному уровню и отклонения от него. Предлагается многоуровневая модель организации почтово-курьерской сети, включающая центральный логистический хаб, региональные сортировочно-распределительные центры, межрайонные микрохабы, локальные пункты консолидации и единый цифровой контур управления. Предложенный подход направлен на сокращение транспортного плеча и транзитного времени, повышение загрузки инфраструктуры и выравнивание территориальной доступности услуг.

Ключевые слова: почтовые услуги, курьерские услуги, логистическая инфраструктура, региональная логистика, логистический хаб, сортировочный центр, микрохаб, последняя миля, эффективность услуг, территориальный охват.

Abstract: This article examines how the efficiency of postal and courier services in the regions of Uzbekistan can be improved by aligning logistics infrastructure with the territorial structure of service flows. Based on official statistics for January–June 2026, the regional concentration of postal and courier services is assessed, and regional shares, ratios to the average regional volume, and deviations are calculated. A multi-tier postal and courier network is proposed, consisting of a central logistics hub, regional sorting and distribution centres, inter-district micro-hubs, local consolidation points and a unified digital management layer. The approach is designed to shorten transport legs and transit time, improve infrastructure utilization, and stabilize territorial service coverage.

Keywords: postal services, courier services, logistics infrastructure, regional logistics, logistics hub, sorting centre, micro-hub, last mile, service efficiency, territorial coverage.

Kirish.

Raqamli savdo kanallarining kengayishi, jo‘natmalar nomenklaturasining diversifikatsiyalashuvi va iste’molchilarning yetkazib berish tezligiga bo‘lgan talabi oshishi pochta-kuryerlik tizimining iqtisodiy mazmunini o‘zgartirmoqda. Zamonaviy sharoitda operatorning natijadorligi faqat pochta bo‘limlari soni yoki transport vositalari mavjudligi bilan emas, balki jo‘natmalar oqimini qaysi

tugunlarda konsolidatsiya qilish, qaysi hududlarda saralash quvvatlarini joylashtirish va magistral hamda mahalliy marshrutlarni qanday bog‘lash bilan belgilanadi. Shu sababli hududiy logistika infratuzilmasi pochta-kuryerlik xizmatlari samaradorligining mustaqil strategik omiliga aylanmoqda.

O‘zbekiston Respublikasining “Pochta aloqasi to‘g‘risida”gi O‘RQ-777-son Qonunida pochta aloqasi vositalari va obyektlari yagona ishlab chiqarish-texnologiya majmui sifatida talqin qilinadi, universal pochta xizmatlaridan mamlakat hududida foydalanish imkoniyati esa sohaning asosiy prinsiplaridan biri sifatida belgilangan [1]. Mazkur huquqiy yondashuv hududiy qamrov va infratuzilma uzluksizligini nafaqat xo‘jalik yurituvchi subyektning ichki masalasi, balki xizmatdan foydalanish imkoniyatini ta’minlaydigan institutsional shart sifatida ko‘rish zarurligini ko‘rsatadi.

2026-yil yanvar–iyun oylarida O‘zbekistonda pochta va kuryerlik xizmatlari hajmi 4,2 trln so‘mni tashkil etib, 2025-yilning mos davriga nisbatan 18,2 foizga oshgan [2]. Biroq xizmatlar hududiy taqsimoti keskin notekis: Toshkent shahri jami hajmning yarmidan ko‘prog‘ini shakllantirgan, ayrim viloyatlarda esa xizmatlar hajmi respublika o‘rtacha hududiy ko‘rsatkichidan bir necha baravar past bo‘lgan. Bunday tafovutni faqat talab hajmi bilan izohlash yetarli emas; aholining joylashuvi, biznes faolligi, elektron tijorat oqimlari, transport bog‘langanligi, saralash quvvatlari va tarmoq topologiyasi birgalikda xizmat oqimlarining shakllanishiga ta’sir ko‘rsatadi.

Hududiy tafovutlarning mavjudligi barcha viloyatlar uchun bir xil infratuzilmaviy modelni qo‘llash iqtisodiy jihatdan maqbul emasligini anglatadi. Yuqori konsentratsiyalangan oqim mavjud hududda yirik saralash-taqsimlash markazi va yuqori chastotali magistral qatnov iqtisodiy samara bersa, dispers talabga ega hududlarda tumanlararo mikro-hub, konsolidatsiya punkti va moslashuvchan marshrutlash modeli samaraliroq bo‘lishi mumkin. Demak, infratuzilmaning quvvati va hududiy joylashuvi xizmat oqimining real intensivligiga moslashtirilishi lozim.

Mazkur tadqiqotning maqsadi O‘zbekiston hududlarida pochta-kuryerlik xizmatlari oqimining hududiy tarkibini tahlil qilish hamda logistika infratuzilmasini ko‘p pog‘onali va funksional tamoyil asosida rivojlantirish orqali xizmat ko‘rsatish samaradorligini oshirish yo‘nalishlarini asoslashdan iborat. Tadqiqotning asosiy ilmiy g‘oyasi hududiy xizmat hajmi bilan infratuzilma bo‘g‘inlari o‘rtasida “oqim intensivligi – tugun quvvati – transport yelkasi – xizmat samaradorligi” bog‘liqligini shakllantirishdan iborat.

Mavzuga oid adabiyotlar sharhi.

Pochta logistikasining hududiy samaradorligi bo‘yicha ilmiy qarashlar transport iqtisodiyotidagi “zichlik samarasi” konsepsiyasi bilan uzviy bog‘liq. D.W. Caves, L.R. Christensen va M.W. Tretheway transport tarmoqlarida xizmat oqimining zichligi ortishi bilan bir birlik operatsiyaga to‘g‘ri keladigan xarajat kamayishi mumkinligini asoslagan [3]. Ushbu yondashuv pochta-kuryerlik tarmog‘ida ham dolzarb: oqimlar yetarli darajada konsolidatsiyalangan

tugunlarda transport va saralash resurslaridan foydalanish koeffitsiyenti yuqori bo‘ladi, dispers talab sharoitida esa tarmoqni haddan tashqari yirik obyektlar bilan to‘ldirish ortiqcha doimiy xarajatlarni yuzaga keltirishi mumkin.

Pochta tarmog‘ining markazlashgan va hududiy bo‘g‘inlarini birlashtiruvchi hub-and-spoke arxitekturasi xalqaro tadqiqotlarda alohida o‘rin egallaydi. J.-H. Lee va I. Moon Korea Post misolida pochta logistikasida almashuv markazi, qayta ishlash markazlari va qabul-yetkazib berish stansiyalarini yagona tarmoqda joylashtirish transport oqimlari va obyekt joylashuvini bir vaqtda optimallashtirishni talab qilishini ko‘rsatgan [4]. Bu xulosa pochta-kuryerlik infratuzilmasini alohida obyektlar yig‘indisi emas, balki yuk oqimlari bilan bog‘langan funksional tizim sifatida qarash zarurligini tasdiqlaydi.

Elektron tijorat va tezkor yetkazib berish rivojlanishi ko‘p pog‘onali taqsimlash tizimlariga talabni kuchaytirmoqda. C. Ackva va M.W. Ulmer mikro-hublar jo‘natmalarni konsolidatsiya qilish, kichik transport vositalari qatnovini tizimlashtirish va mahalliy yetkazib berishning ishonchliligini oshirish uchun muhim oraliq tugun ekanini ko‘rsatadi [5]. A. Karaoulanis tomonidan o‘tkazilgan sistematik sharh ham mikro-fulfillment markazlarining last-mile logistikasidagi vaqt, masofa va resurs sarfini qisqartirish imkoniyatlarini ta’kidlaydi [6].

O‘zbekiston sharoitida Z.M. Otakuzieva va S. Otakuzieva pochta xizmatlari rivojlanishini ekonometrik modellashtirib, raqamlashtirish va operatsion optimallashtirish natijasida an’anaviy pochta obyektlari va mehnat resurslarining funksional tarkibi o‘zgarishini ko‘rsatgan [7]. D.M. Mirzakhalilova va D.U. Usmonov esa O‘zbekistonda last-mile logistikasining asosiy cheklovlari sifatida hududiy nomutanosiblik, yetkazib berish xarajatlari, raqamli integratsiya yetarli emasligi hamda hududlar bo‘yicha infratuzilmaviy farqlarni qayd etadi [8]. Bu tadqiqotlar mavjud pochta tarmog‘ini faqat saqlash emas, balki xizmat oqimiga mos qayta funksionallashtirish zarurligini ko‘rsatadi.

Butunjahon pochta ittifoqining 2IPD metodologiyasida pochta rivojlanishi ishonchlilik, qamrov, dolzarblik va barqarorlik mezonlari orqali baholanadi; ayniqsa, qamrov va ishonchlilik o‘rtasidagi bog‘liqlik infratuzilma sifati bilan izohlanadi [9]. UPUning 2025-yilgi hisobotida esa tarmoqlarning parchalanishi iqtisodiy miqyos samarasini susaytirishi, maqsadli investitsiyalar va taqsimlangan pochta tarmog‘i esa samaradorlikni tiklash vositasi bo‘lishi mumkinligi ta’kidlanadi [10]. O‘zbekiston delegatsiyasi ishtirok etgan UPU 28-kongressida 2026–2029-yillar uchun logistika infratuzilmasini takomillashtirish va xizmat sifatini oshirish yo‘nalishlari muhokama qilingan [11].

Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, pochta xizmatlarini raqamlashtirish, last-mile yechimlari va logistika markazlarini joylashtirish bo‘yicha tadqiqotlar mavjud bo‘lsa-da, O‘zbekiston hududlaridagi real xizmat oqimlari konsentratsiyasini ko‘p pog‘onali infratuzilma arxitekturasi bilan bog‘lab, qaysi logistika bo‘g‘ini qaysi funksiyani bajarishi kerakligini tizimli tarzda asoslash masalasi yetarlicha yoritilmagan. Mazkur maqolada aynan shu ilmiy bo‘shliqni to‘ldirishga e’tibor qaratiladi.

Tadqiqot metodologiyasi.

Tadqiqotning axborot bazasini O‘zbekiston Respublikasi Milliy statistika qo‘mitasining 2026-yil yanvar–iyun oylarida hududlar bo‘yicha pochta va kuryerlik xizmatlari hajmiga oid rasmiy ma’lumotlari, pochta sohasini tartibga soluvchi normativ-huquqiy hujjatlar, Raqamli texnologiyalar vazirligi materiallari, Butunjahon pochta ittifoqi hisobotlari hamda mahalliy va xorijiy ilmiy tadqiqotlar tashkil etdi [1; 2; 7–11].

Hududlararo tafovutlarni aniqlashda tarkibiy va qiyosiy tahlil usullaridan foydalanildi. Har bir hududning respublika jami pochta-kuryerlik xizmatlari hajmidagi ulushi $\boldsymbol{s}_{\text{i}} = \frac{\boldsymbol{Q}_{\text{i}}}{\boldsymbol{\Sigma Q}_{\text{i}}} \times \mathbf{100}$ formula orqali hisoblandi.

Bunda Q_i – i-hududdagi xizmatlar hajmi, ΣQ_i – barcha hududlar bo‘yicha jami hajm. Hudud ko‘rsatkichining respublika o‘rtacha hududiy hajmiga nisbati $\boldsymbol{K}_{\text{i}} = \frac{\boldsymbol{Q}_{\text{i}}}{\bar{\boldsymbol{Q}}}$ formula bilan aniqlandi; $\bar{Q}$ esa 14 hudud bo‘yicha arifmetik o‘rtacha hajmni ifodalaydi.

Hududiy konsentratsiyani baholash uchun CR4 ko‘rsatkichi qo‘llanildi. U xizmatlar hajmi eng katta bo‘lgan to‘rtta hudud ulushining yig‘indisini ifodalaydi. Mazkur ko‘rsatkich hududiy oqimlarning nechog‘li tor geografik makonda jamlanganini tavsiflashga xizmat qiladi. Bundan tashqari, har bir hududning o‘rtacha hududiy ko‘rsatkichdan mutlaq og‘ishi $D_i = Q_i – \bar{Q}$ shaklida hisoblandi.

Tadqiqotning ikkinchi bosqichida funksional modellashtirish usuli asosida pochta-kuryerlik logistika infratuzilmasining ko‘p pog‘onali tuzilmasi ishlab chiqildi. Model infratuzilma obyektlarini ularning nomi bo‘yicha emas, balki bajaradigan logistika funksiyasi – konsolidatsiya, magistral uzatish, saralash, hududiy taqsimlash, mahalliy yetkazib berish va raqamli boshqaruv – bo‘yicha ajratishga asoslanadi. Bu yondashuv bir xil tipdagi obyektni barcha hududlarga ko‘paytirish o‘rniga, xizmat oqimi va transport-geografik sharoitga mos funksional quvvatni tanlash imkonini beradi.

Tahlil va natijalar.

Hududiy pochta-kuryerlik logistika infratuzilmasini rivojlantirishning birlamchi sharti xizmat oqimlari qayerda va qanday miqyosda shakllanayotganini aniqlashdan iborat. 2026-yil yanvar–iyun oylarida respublika bo‘yicha pochta va kuryerlik xizmatlari hajmi rasmiy ma’lumotlar yig‘indisi bo‘yicha 4 200,2 mlrd so‘mni tashkil etdi. Hududlar kesimida ushbu hajmning taqsimlanishi, ulushi, o‘rtacha hududiy hajmga nisbati hamda o‘rtacha ko‘rsatkichdan og‘ishi 1-jadvalda keltirilgan.

O‘zbekistonda pochta va kuryerlik xizmatlari hajmining hududlar bo‘yicha taqsimlanishi, 2026-yil yanvar–iyun

1-jadval

Hududlar	Xizmatlar hajmi, mlrd so‘m	Respublika jami hajmidagi ulushi, %	O‘rtacha hududiy hajmga nisbati, marta	O‘rtacha hududiy hajmdan og‘ish, mlrd so‘m
Toshkent shahri	2 300,0	54,76	7,67	+2 000,0
Samarqand viloyati	462,2	11,00	1,54	+162,2
Farg‘ona viloyati	300,6	7,16	1,00	+0,6
Toshkent viloyati	289,9	6,90	0,97	-10,1
Qashqadaryo viloyati	260,4	6,20	0,87	-39,6
Andijon viloyati	167,3	3,98	0,56	-132,7
Namangan viloyati	112,1	2,67	0,37	-187,9
Xorazm viloyati	55,8	1,33	0,19	-244,2
Surxondaryo viloyati	54,3	1,29	0,18	-245,7
Buxoro viloyati	49,6	1,18	0,17	-250,4
Qoraqalpog‘iston Respublikasi	44,4	1,06	0,15	-255,6
Sirdaryo viloyati	37,8	0,90	0,13	-262,2
Navoiy viloyati	33,5	0,80	0,11	-266,5
Jizzax viloyati	32,3	0,77	0,11	-267,7
Jami	***4 200,2***	***100,00***	–	–
O‘rtacha hududiy ko‘rsatkich	300,0	7,14	1,00	0,0

1-jadval ma’lumotlari hududlar bo‘yicha xizmat oqimi yuqori darajada konsentratsiyalashganini ko‘rsatadi. Toshkent shahri 2 300,0 mlrd so‘mlik xizmat hajmi bilan respublika jami ko‘rsatkichining 54,76 foizini shakllantirgan va o‘rtacha hududiy hajmdan 7,67 marta yuqori natijani qayd etgan. Samarqand viloyatining ulushi 11,00 foizni, Farg‘ona viloyatiniki 7,16 foizni, Toshkent viloyatiniki esa 6,90 foizni tashkil etgan. Natijada eng katta to‘rtta hudud bo‘yicha CR4 ko‘rsatkichi 79,82 foizga teng bo‘lgan. Bu pochta-kuryerlik oqimining qariyb beshdan to‘rt qismi to‘rtta hududda jamlanganini bildiradi.

Respublika bo‘yicha o‘rtacha hududiy xizmat hajmi 300,0 mlrd so‘m atrofida bo‘lib, 14 hududdan faqat uchtasi ushbu chegaraga teng yoki undan yuqori ko‘rsatkichga ega. Jizzax, Navoiy, Sirdaryo, Qoraqalpog‘iston Respublikasi, Buxoro, Surxondaryo va Xorazmda xizmat hajmi o‘rtacha ko‘rsatkichning 0,11–0,19 qismi doirasida qolgan. Bunday tafovutlar bir xil quvvatdagi logistika obyektlarini barcha hududlarda takrorlash resurslardan foydalanish samaradorligini pasaytirishi mumkinligini ko‘rsatadi.

Shu bilan birga, jadvaldagi hududiy xizmat hajmini infratuzilma rivojlanganligining bevosita va yagona o‘lchovi sifatida talqin qilish metodologik jihatdan to‘g‘ri bo‘lmaydi. Xizmat hajmiga aholi soni, urbanizatsiya, korxonalar va marketplace sotuvchilarining joylashuvi, daromadlar, transport oqimlari hamda operatorlarning hisobga olish markazi kabi omillar ham ta’sir qiladi. Shu sababli olingan natijalar sababiy bog‘liqlikni emas, infratuzilma qarorlarini differensiallashtirish zarurligini ko‘rsatuvchi hududiy oqim profilini ifodalaydi.

Hududiy konsentratsiya sharoitida logistika samaradorligini oshirish uchun tarmoqning funksional bo‘g‘inlarini oqim intensivligi va transport-geografik masofaga moslashtirish zarur. Markaziy tugun katta hajmdagi magistral oqimlarni birlashtirishi, regional markazlar viloyatlararo va viloyat ichki oqimlarni saralashi, tumanlararo mikro-hublar esa dispers talabni konsolidatsiya qilib last-mile qatnovining boshlang‘ich yelkasini qisqartirishi lozim. Mazkur funksional taqsimot 2-jadvalda tizimlashtirilgan.

Hududiy pochta-kuryerlik logistika infratuzilmasining funksional tashkil etish modeli

2-jadval

Logistika bo‘g‘ini	Asosiy hududiy funksiyasi	Joylashtirish va quvvat mezoni	Operatsion vazifa	Samaradorlik KPI
Markaziy logistika hubi	Respublika va yirik magistral oqimlarni konsolidatsiya qilish	Eng katta jo‘natma oqimi, magistral transportga chiqish, yuqori saralash yuklamasi	Jo‘natmalarni yirik partiyalarda qabul qilish, asosiy yo‘nalishlar bo‘yicha qayta saralash va uzatish	Tranzit vaqti; sortirovka unumdorligi; transport to‘lish koeffitsiyenti
Hududiy saralash-taqsimlash markazi	Viloyatlararo va viloyat ichki oqimlarni qayta taqsimlash	Hududiy xizmat hajmi, aholi va biznes zichligi, qo‘shni tumanlarga transport kirish imkoniyati	Hubdan kelgan oqimni tumanlar kesimida ajratish va teskari oqimlarni konsolidatsiya qilish	Cut-off bajarilishi; qayta ishlash vaqti; bir jo‘natmaga saralash xarajati

Tumanlararo micro-hub	Dispers va o‘rta zichlikdagi talabni mahalliy darajada birlashtirish	Tumanlar o‘rtasidagi masofa, kunlik jo‘natma hajmi, qatnov chastotasi	Kuryer marshrutlarini qisqartirish, kichik partiyalarni birlashtirish, qayta yuklash	Last-mile masofasi; qatnov soni; transport yuklanishi
Mahalliy konsolidatsiya punkti	Mahalla va aholi punktlaridagi qabul-topshirish oqimini markazlashtirish	Xizmatga kirish masofasi, aholi punktlari tarqoqligi, doimiy talabning mavjudligi	Jo‘natmalarni qabul qilish, topshirish, qaytarish va navbatdagi tashishga tayyorlash	Qamrov radiusi; xizmatga kirish vaqti; qayta qatnovlar ulushi
Magistral va hududiy line-haul tarmog‘i	Logistika tugunlari o‘rtasida barqaror transport aloqasini ta’minlash	Oqim hajmi, yo‘l masofasi, cut-off va yetkazib berish standartlari	Rejalashtirilgan qatnovlar, yuklarni konsolidatsiyalash va vaqt oynalariga rioya qilish	Transport tannarxi; km/jo‘natma; o‘z vaqtida yetib kelish ulushi
Yagona raqamli boshqaruv qatlami	Barcha darajadagi fizik oqimlarni yagona ma’lumot konturida boshqarish	Tugunlar va transport tizimlarining ma’lumot almashinuvi, tracking sifati	Yuklama prognozi, marshrutlash, monitoring, SLA nazorati va operativ qayta rejalashtirish	Tracking aniqligi; SLA bajarilishi; prognoz xatosi; resurslardan foydalanish koeffitsiyenti

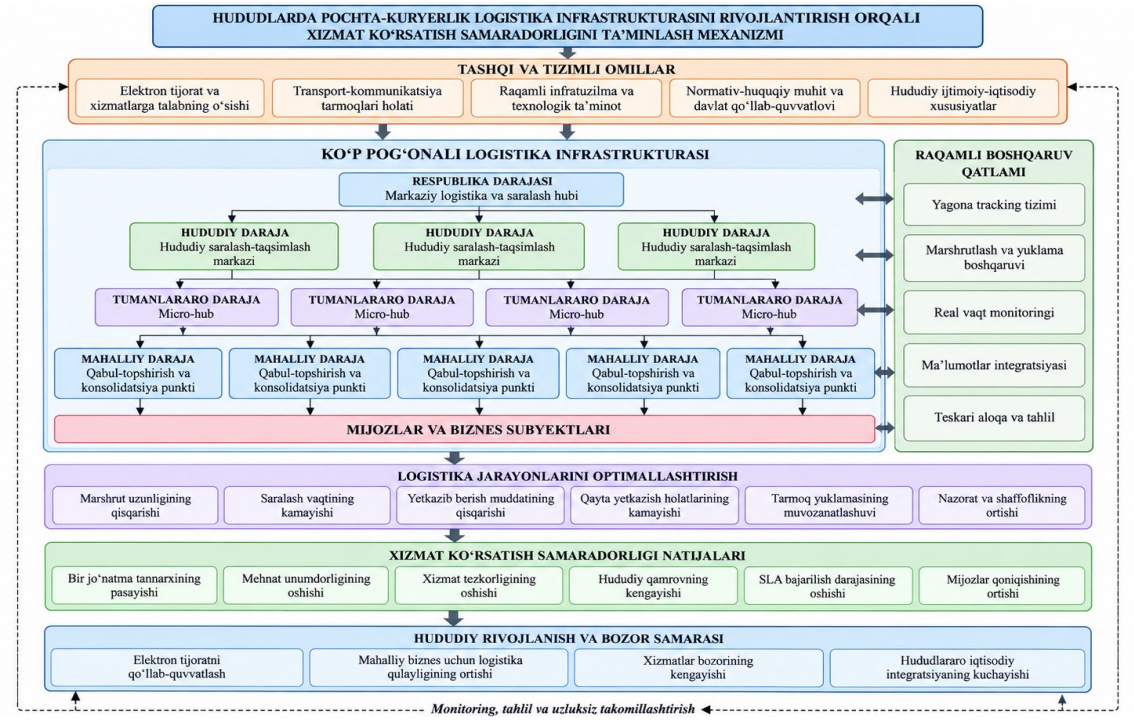
2-jadvalda taklif etilgan modelning farqli jihati shundaki, infratuzilma obyektlari ma’muriy hududlar soniga qarab emas, logistika funksiyasi va oqim intensivligiga qarab shakllantiriladi. Masalan, yuqori hajmli oqimni qayta ishlovchi hududiy markaz bilan past zichlikdagi tumanlararo mikro-hubning vazifasi va quvvati bir xil bo‘lishi mumkin emas. Shuning uchun investitsiya qarori “har bir hududga alohida obyekt” tamoyiliga emas, “har bir oqim turiga mos logistika bo‘g‘ini” tamoyiliga asoslanishi lozim.

Ko‘p pog‘onali tuzilma transport yelkasini ikki yo‘nalishda qisqartiradi. Birinchidan, uzoq masofali tashishda jo‘natmalar yirik partiyalarga konsolidatsiya qilinib, magistral transportning yuklanish darajasi oshadi. Ikkinchidan, mikro-hub va mahalliy konsolidatsiya punktlari oxirgi kilometrdagi kuryer marshrutlarini ixchamlashtirib, bo‘sh yoki takroriy qatnovlarni kamaytiradi. Natijada xizmat tannarxining transport komponenti pasayishi va buyurtma siklining barqarorlashishi uchun sharoit yaratiladi.

Bunday modelda saralash markazlari quvvatini faqat o‘rtacha kunlik oqim bo‘yicha belgilash yetarli emas. Marketplace aksiyalari, mavsumiy savdo, bayramlar va ob-havo sharoiti qisqa muddatli pik yuklamalarni yuzaga keltiradi. Shu sababli infratuzilma loyihalashda o‘rtacha oqim bilan birga pik soat/kun koeffitsiyenti, zaxira quvvat, cut-off vaqtlar va transport oynalari hisobga olinishi lozim. Ayniqsa, hududiy markazlar uchun elastik saralash quvvati va vaqtinchalik konsolidatsiya maydonlari operatsion barqarorlikni oshiradi.

Raqamli boshqaruv qatlami fizik infratuzilmaning samaradorligini bog‘lovchi element hisoblanadi. Tugunlar bo‘yicha kiruvchi va chiquvchi oqimlar, transport vositalarining yuklanishi, yetkazib berish muddati va xizmat darajasi yagona ma’lumot tizimida ko‘rinmasa, ko‘p pog‘onali tarmoq ortiqcha qayta yuklash va muvofiqlashtirish xarajatlarini yuzaga keltirishi mumkin. Shuning uchun GIS asosidagi hududiy rejalashtirish, real vaqt tracking, dinamik marshrutlash va SLA monitoringini bir-biridan ajratmasdan joriy etish maqsadga muvofiq.

Hududiy xizmat oqimlari va 2-jadvalda ko‘rsatilgan funksional bo‘g‘inlarni yagona tizimga birlashtirish uchun tarmoqning fazoviy-funksional arxitekturasi ishlab chiqilishi lozim. Unda respublika darajasidagi hubdan hududiy saralash markazlariga, ulardan tumanlararo mikro-hublar va mahalliy konsolidatsiya punktlariga yo‘naltiriladigan oqimlar hamda teskari logistika aloqalari bir butun tizim sifatida ko‘rsatiladi. Mazkur arxitekturaning konseptual ko‘rinishi 1-rasm nomi ostida belgilandi.



1-rasm. Hududiy pochta-kuryerlik logistika tarmog‘ini ko‘p pog‘onali tashkil etish modeli

Taklif etilayotgan tarmoq modelining samaradorligi uch guruh ko‘rsatkichlar orqali baholanishi mumkin. Birinchi guruh – vaqt ko‘rsatkichlari: end-to-end yetkazib berish muddati, tugundagi o‘rtacha dwell time, saralash sikli va cut-offga rioya qilish. Ikkinchi guruh – xarajat ko‘rsatkichlari: bir jo‘natmaga transport xarajati, km/jo‘natma, saralash xarajati va qayta yetkazib berish xarajati. Uchinchi guruh – tarmoq foydalanish ko‘rsatkichlari: transport to‘lish koeffitsiyenti, saralash quvvatidan foydalanish, qamrov radiusi va SLA bajarilishi. Infratuzilma loyihasini ana shu KPIlar bo‘yicha “oldin–keyin” tahlili asosida baholash investitsiya samaradorligini aniqroq ko‘rsatadi.

Hududiy tarmoqni bosqichma-bosqich rivojlantirishda birinchi navbatda oqimlar xaritasi (origin–destination matrix) shakllantirilishi lozim. Unda jo‘natmaning qayerda qabul qilinishi, qayerda saralanishi, qaysi tuman yoki shaharga yo‘nalishi va qanday transport zanjiri orqali yetkazilishi qayd etiladi. Shu ma’lumot asosida magistral qatnovlar chastotasi, hududiy markazlar o‘rtasidagi transferlar va mikro-hublarning xizmat radiusi modellashtirilishi mumkin. Bunday yondashuv ma’muriy chegaralarga emas, real logistika oqimlariga tayangan holda infratuzilmani joylashtirishga imkon beradi.

Ayniqsa, xizmat hajmi past hududlarda alohida yirik saralash markazi qurishdan ko‘ra qo‘shni hududlar bilan umumiy transport yelkasini shakllantirish, tumanlararo konsolidatsiya yoki cross-docking nuqtalaridan foydalanish iqtisodiy jihatdan samaraliroq bo‘lishi mumkin. Aksincha, xizmat oqimi yuqori va tranzit yuklama katta hududlarda saralash quvvatini yetarli darajada markazlashtirmaslik jo‘natmalarning ortiqcha kutishiga, ko‘p martalik qayta yuklashga va transport reyslarining nomuvofiqligiga olib keladi. Shuning uchun tarmoqni

optimallashtirishda konsolidatsiya va desentralizatsiya o‘rtasidagi optimal nisbat muhim.

Hududlarda pochta-kuryerlik infratuzilmasining ijtimoiy samarasi ham e’tibordan chetda qolmasligi kerak. Pochta tarmog‘i chekka va qishloq hududlari uchun savdo va xizmatlar bozoriga kirish kanali vazifasini bajaradi. UPU tadqiqotlarida keng qamrovli pochta tarmog‘i qamrov, ishonchlilik va iqtisodiy barqarorlik bilan bog‘liq ekanligi qayd etiladi [9; 10]. Shu nuqtai nazardan logistika tarmog‘ini optimallashtirish faqat xarajatni minimallashtirish emas, balki xizmatga kirish imkoniyatini saqlagan holda resurslardan samarali foydalanishni ta’minlash vazifasini ham bajarishi kerak.

Natijada hududiy pochta-kuryerlik logistika infratuzilmasini rivojlantirishning asosiy tamoyili “ko‘proq obyekt qurish” emas, balki “to‘g‘ri funksiyani to‘g‘ri joyga va to‘g‘ri quvvatda joylashtirish” bo‘lishi lozim. Bu tamoyil tarmoqning kapital sig‘imini nazorat qilish, transport oqimlarini konsolidatsiyalash, xizmat standartlarini hududlar kesimida barqarorlashtirish va elektron tijoratning hududiy kengayishiga logistika bazasini yaratishga xizmat qiladi.

Xulosa va takliflar.

O‘tkazilgan tadqiqot O‘zbekistonda pochta-kuryerlik xizmatlari hududiy jihatdan yuqori darajada konsentratsiyalashganini ko‘rsatdi. 2026-yil yanvar–iyun oylarida Toshkent shahri respublika xizmatlar hajmining 54,76 foizini, eng yirik to‘rtta hudud esa 79,82 foizini shakllantirgan. Shu bilan birga, hududlarning aksariyatida xizmat hajmi 300 mlrd so‘mlik o‘rtacha hududiy ko‘rsatkichdan past bo‘lgan. Mazkur holat logistika infratuzilmasini barcha hududlar uchun bir xil standartda shakllantirish o‘rniga, oqim hajmi va geografik xususiyatlarga muvofiq differensiallashtirish zarurligini asoslaydi.

Tadqiqot natijasida pochta-kuryerlik logistika infratuzilmasini markaziy logistika hubi, hududiy saralash-taqsimlash markazlari, tumanlararo micro-hublar, mahalliy konsolidatsiya punktlari, magistral line-haul tarmog‘i va yagona raqamli boshqaruv qatlami asosida tashkil etish taklif etildi. Mazkur modelning asosiy afzalligi hududiy obyektlar sonini mexanik ravishda ko‘paytirishdan voz kechib, ularning funksiyasi va quvvatini xizmat oqimining real intensivligiga bog‘lashdan iborat.

Olingan natijalar asosida quyidagi ilmiy-amaliy takliflarni ilgari surish maqsadga muvofiq: 1) pochta-kuryerlik jo‘natmalarining origin–destination matritsasini hudud, tuman va yirik aholi punktlari kesimida shakllantirish; 2) xizmat oqimi yuqori bo‘lgan hududlarda saralash-taqsimlash quvvatlarini konsolidatsiyalash va magistral qatnovlar chastotasini oshirish; 3) xizmat oqimi dispers bo‘lgan hududlarda tumanlararo micro-hub va cross-docking punktlari orqali umumiy logistika quvvatlaridan foydalanish; 4) infratuzilma obyektlarini joylashtirishda faqat ma’muriy birliklar soni emas, masofa, oqim zichligi, pik yuklama va transport bog‘langanligi mezonlarini qo‘llash; 5) barcha tugunlarni yagona raqamli boshqaruv platformasiga integratsiya qilib, tracking, yuklama

prognozi va SLA monitoringini real vaqt rejimida yuritish; 6) yangi obyekt yoki quvvat kengaytirish loyihalarini yetkazib berish muddati, bir jo‘natmaga xarajat, km/jo‘natma, transport yuklanishi va qamrov ko‘rsatkichlari bo‘yicha investitsiyadan oldin va keyin baholash.

Umuman, hududlarda pochta-kuryerlik logistika infratuzilmasini samarali rivojlantirish tarmoqni faqat fizik obyektlar majmui sifatida emas, balki jo‘natmalar oqimi, transport, saralash quvvatlari va raqamli boshqaruv o‘zaro bog‘langan ko‘p pog‘onali tizim sifatida boshqarishni talab etadi. Bunday yondashuv xizmat ko‘rsatish tezkorligi va qamrovini yaxshilash bilan birga, infratuzilma kapitalidan foydalanish samaradorligini oshirish va hududiy elektron tijoratni barqaror logistika bazasi bilan ta’minlash imkonini beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. O‘zbekiston Respublikasining 2022-yil 9-iyundagi O‘RQ-777-son “Pochta aloqasi to‘g‘risida”gi Qonuni. URL: https://lex.uz/uz/docs/-6058066

2. O‘zbekiston Respublikasi Milliy statistika qo‘mitasi. “Pochta va kuryerlik xizmatlari hajmi 4,2 trln so‘mdan oshdi”. 25.08.2026. URL: https://stat.uz/uz/matbuot-markazi/qo-mita-yangiliklar/69924-pochta-va-kur-erlik-khizmatlari-azhmi-4-2-trln-s-mdan-oshdi-2

3. Caves D.W., Christensen L.R., Tretheway M.W. Economies of density versus economies of scale: Why trunk and local service costs differ. The RAND Journal of Economics. 1984. Vol. 15, No. 4. P. 471–489.

4. Lee J.-H., Moon I. A hybrid hub-and-spoke postal logistics network with realistic restrictions: A case study of Korea Post. Expert Systems with Applications. 2014. Vol. 41, No. 11. P. 5509–5519. DOI: 10.1016/j.eswa.2014.02.027.

5. Ackva C., Ulmer M.W. Consistent routing for local same-day delivery via micro-hubs. OR Spectrum. 2024. Vol. 46. P. 375–409. DOI: 10.1007/s00291-023-00735-x.

6. Karaoulanis A. The Role of Micro Fulfilment Centers in Alleviating, in a Sustainable Way, the Urban Last Mile Logistics Problem: A Systematic Literature Review. Sustainability. 2024. Vol. 16, No. 20. 8774. DOI: 10.3390/su16208774.

7. Otakuzieva Z.M., Otakuzieva S. Econometric modeling and forecasting the development of the postal service in Uzbekistan. E3S Web of Conferences. 2023. Vol. 401. 03061. DOI: 10.1051/e3sconf/202340103061.

8. Mirzakhalilova D.M., Usmonov D.U. Last-mile logistics in Uzbekistan: challenges and directions for improving efficiency. Universum: Economics and Law. 2026. No. 6(140). DOI: 10.32743/UniLaw.2026.140.6.22820.

9. Universal Postal Union. Integrated Index for Postal Development (2IPD). Bern: UPU. URL: https://www.upu.int/en/Universal-Postal-Union/Activities/Research-Publications/Integrated-Index-for-Postal-Development

10. Universal Postal Union. The State of the Postal Sector 2025 – Postal Power Reimagined. Bern: UPU, 2025. URL:

https://www.upu.int/en/publications/2ipd/the-state-of-the-postal-sector-2025-postal-power-reimagined

11. O‘zbekiston Respublikasi Raqamli texnologiyalar vazirligi. “Pochta sohasida O‘zbekistonning xalqaro tashabbuslari qo‘llab-quvvatlandi”. 18.09.2025. URL: https://gov.uz/oz/digital/news/view/86725

12. Kulkarni O., Dahan M., Montreuil B. Resilient Hyperconnected Parcel Delivery Network Design Under Disruption Risks. International Journal of Production Economics. 2022. Vol. 251. 108499. DOI: 10.1016/j.ijpe.2022.108499.

SUN’IY INTELLEKT VA MASHINAVIY O‘QITISH ALGORITMLARI ASOSIDA ATROF-MUHIT HOLATINI MONITORING QILISH

Suyarov Akram Musayevich Samarqand iqtisodiyot va servis instituti Axborot texnologiyalari kafedrasi dotsenti, akramsuyarov@mail.ru

Suvonov Sunnatbek Shoto‘ra o‘g‘li. Samarqand iqtisodiyot va servis instituti

Axborot texnologiyalari kafedrasi stajyor-assistentisuvonov.is.me@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqola tajriba natijalarini da’vo qilmaydi; u nufuzli ilmiy manbalar, xalqaro tavsiyalar va O‘zbekistonning ekologik siyosat hujjatlarini qiyosiy tahlil qilishga tayangan nazariy-amaliy ishdir. Tahlilda havo sifati va boshqa ekologik vaqt qatorlarini qayta ishlashda Random Forest, XGBoost va LSTM kabi modellar qaysi sharoitda maqsadga muvofiq bo‘lishi ko‘rib chiqildi. Asosiy xulosa shuki, ekologik monitoringda model tanlashning o‘zi yetarli emas: sensor sifati, vaqt va makon bo‘yicha ma’lumot uzluksizligi, modelning davriy tekshirilishi hamda mutaxassis nazorati natijaning ishonchliligini belgilaydi.

Kalit so‘zlar: sun’iy intellekt, mashinaviy o‘qitish, ekologik monitoring, havo sifati, Random Forest, XGBoost, LSTM, ma’lumot sifati.

Kirish

Atrof-muhit monitoringida raqamli texnologiyalardan foydalanish masalasi ko‘pincha “ko‘proq ma’lumot – yaxshiroq qaror” tamoyili bilan izohlanadi. Amalda esa ma’lumot hajmi katta bo‘lishi uning sifatli ekanini anglatmaydi. Sensorning noto‘g‘ri kalibrlanishi, uzilib qolgan vaqt qatori yoki meteorologik omillar hisobga olinmasligi model xulosasini buzishi mumkin. Shu sababli sun’iy intellektni ekologik monitoringga joriy etishda algoritmdan oldin ma’lumotning kelib chiqishi, o‘lchash usuli va nazorat tartibini aniqlash muhim deb hisoblayman.

WHOning 2021-yilgi havo sifati bo‘yicha global qo‘llanmasi PM2.5, PM10, ozon, azot dioksidi, oltingugurt dioksidi va uglerod oksidini sog‘liq uchun muhim

ifloslantiruvchilar sifatida ajratadi [1]. O‘zbekistonning 2030-yilgacha atrof-muhitni muhofaza qilish konsepsiyasida esa atmosfera havosi, suv, yer va boshqa tabiiy obyektlarni antropogen ta’sirdan himoya qilish hamda innovatsion texnologiyalarni joriy etish ustuvor vazifalar qatorida belgilangan [7]. Bu ikki manba texnologik yechimning maqsadini aniq ko‘rsatadi: model “murakkab” bo‘lishi uchun emas, kuzatuvni ishonchli va tezkor qilish uchun qo‘llanishi kerak.

Tadqiqot yondashuvi

Maqolada adabiyotlarni qiyosiy tahlil qilish usuli qo‘llandi. Bir tomondan, Yer tizimi va iqlim ma’lumotlarida chuqur o‘rganishning imkoniyatlari haqidagi ishlar [2, 3], ikkinchi tomondan, klassik mashinaviy o‘qitish algoritmlarining xususiyatlari [4–6] ko‘rib chiqildi. Tahlil mezonlari sifatida ma’lumot turi, izohlanish darajasi, vaqt qatoriga mosligi, hisoblash talabi va amaliy monitoringdagi nazorat imkoniyati olindi.

Ilmiy manbalar tahlilidan kelib chiqadigan asosiy fikrlar

Reichstein va hammualliflar Yer tizimi fanlarida chuqur o‘rganish fazoviy-vaqtli bog‘lanishlarni avtomatik o‘rganish imkonini berishini ta’kidlaydi, biroq fizik jarayonlar haqidagi bilimni ma’lumotga asoslangan model bilan birlashtirish zarurligiga ham urg‘u beradi [2]. Menimcha, ekologik monitoring uchun aynan shu nuqta muhim: model prognozi fizik jihatdan mantiqsiz bo‘lsa, yuqori statistik aniqlikning o‘zi yetarli dalil bo‘la olmaydi.

Rolnick va hammualliflarning keng qamrovli sharhida mashinaviy o‘qitish iqlim va ekologik muammolarda foydali vosita sifatida ko‘rsatiladi, lekin u soha mutaxassislari bilan hamkorlikda qo‘llangandagina real ta’sir ko‘rsatishi qayd etiladi [3]. Shundan kelib chiqib, ekologik monitoringda SI “avtomatik hukm chiqaruvchi” emas, balki katta oqimdagi ma’lumotdan shubhali nuqtalar, tendensiyalar va xavf belgilarini ajratib beruvchi yordamchi vosita sifatida qaralishi to‘g‘riroq.

Algoritm tanlashda ham yagona universal yechim yo‘q. Breimanning Random Forest usuli tasniflash va regressiyada shovqinga nisbatan barqaror ensemble yondashuvini beradi [4]. XGBoost gradient boostingni samarali va masshtablanuvchi tarzda amalga oshiradi [5]. LSTM esa ketma-ket ma’lumotlarda uzoq muddatli bog‘lanishlarni o‘rganishga mo‘ljallangan [6]. Shuning uchun “qaysi model eng yaxshi?” savolidan ko‘ra “qaysi ma’lumot uchun qaysi modelni nazorat qilib ishlatish mumkin?” savoli amaliyroqdir.

Masalan, sensorlardan kelayotgan jadvalli ma’lumotlarda daraxtga asoslangan modellar yaxshi boshlang‘ich nuqta bo‘lishi mumkin. Vaqt qatorida bir necha soat yoki kun oldingi holat muhim bo‘lsa, LSTM yoki boshqa ketma-ketlik modeli sinab ko‘riladi. Masofadan zondlash tasvirlarida esa chuqur o‘rganishning tasvir xususiyatlarini avtomatik ajratish imkoniyati ustun bo‘lishi mumkin. Biroq har bir holatda oddiy bazaviy model bilan solishtirish saqlanib qolishi kerak.

Algoritmlarni qiyosiy baholash

Quyidagi jadval adabiyotlar tahlili asosida ekologik monitoringdagi uchta keng tarqalgan yondashuvni amaliy mezonlar bo‘yicha umumlashtiradi. Bu reyting emas; model tanlovi ma’lumot tuzilishi va vazifaga bog‘liq.

Model	Mos ma’lumot	Kuchli tomoni	Ehtiyot bo‘ladigan jihat
Random Forest	Jadvalli sensor ma’lumoti	Barqaror, belgilar muhimligini ko‘rsatadi	Vaqt bog‘lanishini alohida yaratish talab etiladi
XGBoost	Jadvalli, notekis va murakkab belgilar	Nolinear bog‘lanishlarda kuchli, masshtablanuvchi	Sozlamalar va ortiqcha moslashishni nazorat qilish kerak
LSTM	Ketma-ket vaqt qatori	Oldingi holatlarning uzoq ta’sirini o‘rganadi	Ko‘proq ma’lumot va hisoblash resursi talab qiladi

Jadvaldan ko‘rinadiki, ekologik monitoringda model murakkabligi maqsad emas. Agar oddiyroq model bir xil aniqlikni berayotgan bo‘lsa, uni tushuntirish, tekshirish va texnik xizmat ko‘rsatish osonroq bo‘ladi. Ayniqsa davlat yoki shahar monitoringida qaror qabul qiluvchi shaxs model nega ogohlantirish berganini tushuna olishi muhim.

Havo sifati misolida PM2.5 yoki PM10ning o‘zi yetarli bo‘lmasligi mumkin. Harorat, namlik, shamol tezligi va yo‘nalishi, mavsum hamda transport faolligi kabi omillar bilan birgalikdagi tahlil sabab va oqibatni yaxshiroq ajratishga yordam beradi. Bunday integratsiya mavjud bo‘lmasa, model mavsumiylikni “ifloslanish sababi” sifatida noto‘g‘ri qabul qilishi ehtimoli ortadi.

Mahalliy sharoit uchun yana bir masala – ma’lumotlarning uzluksizligi. Sensor almashtirilishi yoki kalibrlash usuli o‘zgarsa, oldingi va yangi davr ma’lumotlari bir xil taqsimotga ega bo‘lmasligi mumkin. Shu bois model aniqligi bir marta hisoblanib qolmasdan, vaqt o‘tishi bilan qayta tekshirilishi kerak.

Konseptual monitoring modeli

Manbalar tahliliga tayangan holda monitoring jarayonini besh ketma-ket bosqichda tashkil etish maqsadga muvofiq: 1) ma’lumot manbasini hujjatlashtirish; 2) sifat nazorati va sinxronlashtirish; 3) bazaviy hamda tanlangan ML modelini parallel baholash; 4) ogohlantirishni ekologik me’yor va tarixiy fon bilan tekshirish; 5) mutaxassis xulosasi va keyingi qayta o‘qitish uchun natijani arxivlash.

Birinchi bosqichda har bir sensor uchun qurilma turi, koordinata, o‘lchov birligi, kalibrlash sanasi va ma’lumot olish davri saqlanishi kerak. Ikkinchi bosqichda yetishmayotgan qiymatlar, keskin sakrashlar va vaqt belgisi xatolari ajratiladi. Uchinchida murakkab model oddiy bazaviy modeldan sezilarli ustunlik bermasa, murakkablikni oshirish shart emas. To‘rtinchida model bergan signal WHO tavsiyalari, milliy me’yorlar va hududning o‘z tarixiy diapazoni bilan

solishtiriladi. Beshinchi bosqich esa “model nima dedi?” savolidan tashqari “mutaxassis qanday qaror qildi va nima uchun?” degan savolni ham saqlab qoladi.

Baholash ko‘rsatkichlari vazifaga mos tanlanadi. Tasniflashda precision, recall va F1, regressiyada MAE yoki RMSE ishlatilishi mumkin. Ekologik xavfni o‘tkazib yuborish oqibati yuqori bo‘lsa, faqat umumiy accuracyga tayanish noto‘g‘ri. Bundan tashqari, ma’lumot taqsimoti vaqt o‘tishi bilan o‘zgarganini aniqlash uchun model driftini kuzatish ham muhim.

Ushbu model real sensor tarmog‘ida eksperimental sinovdan o‘tkazilmagan. Shu sababli u tayyor mahsulot emas, pilot tajribani tashkil etish uchun metodik asos sifatida qaraladi; keyingi bosqichda mahalliy ma’lumotlarda algoritmlarni qiyosiy sinash zarur.

Ilmiy-nazariy ahamiyatga molik taklif va tavsiyalar

1. SI modelidan oldin sensor kalibrlashi, uzilishlar, vaqt sinxronizatsiyasi va meteorologik omillarni qamrab olgan ma’lumot sifati pasportini yuritish taklif etiladi.

2. Pilotda murakkab modelni oddiy bazaviy model bilan solishtirish va ekolog-mutaxassis tasdig‘ini saqlash tavsiya etiladi; amaliy ustunlik bo‘lmasa, tushunarliroq model tanlanadi.

Xulosa

Tahlil shuni ko‘rsatadiki, SI ekologik monitoringda foydali signalni tez ajratishga yordam beradi, ammo uning ishonchliligi ma’lumot sifati, fizik mantiq va mutaxassis nazoratiga bog‘liq. Random Forest, XGBoost va LSTM turli vazifalarda foydali bo‘lishi mumkin; asosiy masala algoritm nomi emas, monitoring jarayonini to‘g‘ri qurishdir.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. World Health Organization. WHO global air quality guidelines. Geneva: WHO, 2021. ISBN 978-92-4-003422-8.

2. Reichstein M. et al. Nature, 566 (2019):195–204. DOI: 10.1038/s41586-019-0912-1.

3. Rolnick D. et al. ACM Computing Surveys, 55(2), Article 42, 2022. DOI: 10.1145/3485128.

4. Breiman L. Machine Learning, 45 (2001):5–32. DOI: 10.1023/A:1010933404324.

5. Chen T., Guestrin C. KDD ’16, 2016:785–794. DOI: 10.1145/2939672.2939785.

6. Hochreiter S., Schmidhuber J. Neural Computation, 9(8), 1997:1735–1780. DOI: 10.1162/neco.1997.9.8.1735.

7. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti. PF-5863-son Farmon, 30.10.2019. LexUZ: 4574008.

O‘ZBEKISTONDA ATROF-MUHITNI MUHOFAZA QILISHDA SUN’IY INTELLEKT VA MA’LUMOTLAR TAHLILIDAN FOYDALANISH ISTIQBOLLARI

Rustamov Sherzod Norxudjayevich Samarqand iqtisodiyot va servis instituti
“Axborot texnologiyalari” kafedrasi asistenti email:
rustamovsherzod0403@gmail.com

Annotatsiya: Maqolada O‘zbekiston sharoitida sun’iy intellektdan havo sifatini monitoring qilish va prognozlash, suv resurslari va suv sifatini baholash, Orolbo‘yi hududlaridagi ekologik o‘zgarishlarni kuzatish, o‘rmon va yashil hududlarni nazorat qilish, chiqindilarni boshqarish, tuproq degradatsiyasini aniqlash hamda tabiiy ofatlar xavfini prognozlashda foydalanishning asosiy yo‘nalishlari ko‘rib chiqiladi. Shuningdek, ekologik ma’lumotlarning sifati va ochiqligi, raqamli infratuzilma, malakali mutaxassislar yetishmasligi, algoritmlarning tushuntiriluvchanligi, ma’lumotlar xavfsizligi va ekologik boshqaruvda inson nazoratini saqlab qolish kabi muammolar yoritiladi.

Kalit so‘zlar: *sun’iy intellekt, ma’lumotlar tahlili, ekologik monitoring, atrof-muhit, ekologik xavfsizlik, Orolbo‘yi, cho‘llanish, biologik xilma-xillik, yashil iqtisodiyot.*

Kirish

Bugungi kunda atrof-muhitni muhofaza qilish masalasi nafaqat ekologik, balki iqtisodiy, ijtimoiy, texnologik va strategik ahamiyatga ega bo‘lgan global muammolardan biriga aylanmoqda. Iqlim o‘zgarishi, suv resurslarining kamayishi, havo va suvning ifloslanishi, tuproq degradatsiyasi, cho‘llanish, o‘rmonlarning qisqarishi hamda biologik xilma-xillikka tahdidlarning kuchayishi davlatlardan ekologik boshqaruvning yangi va samarali mexanizmlarini izlashni talab qilmoqda.

O‘zbekiston uchun mazkur masalalar alohida ahamiyatga ega. Mamlakat ekologik siyosatida tabiiy resurslardan oqilona foydalanish, ekologik barqarorlikni ta’minlash, biologik xilma-xillikni asrash, yashil hududlarni kengaytirish va iqlim o‘zgarishining salbiy oqibatlarini kamaytirish muhim ustuvor yo‘nalishlar sifatida belgilanmoqda. 2030-yilgacha atrof-muhitni muhofaza qilish konsepsiyasi hamda “O‘zbekiston – 2030” strategiyasi doirasidagi dasturlarda ekologik holatni yaxshilash va tabiiy resurslardan oqilona foydalanishga qaratilgan vazifalar belgilangan.[1]

Ayniqsa, 2025-yilgi davlat dasturida “yashil transformatsiya”, tabiiy resurslarni tejash, ekologik barqarorlikni ta’minlash, o‘simlik va hayvonot dunyosini asrash, Orol dengizi tubida yashil maydonlarni barpo etish, suv resurslaridan oqilona foydalanish hamda ekologik muammolarni kamaytirishga qaratilgan chora-tadbirlar belgilangan.[2] Mazkur vazifalarni samarali amalga

oshirishda raqamli texnologiyalar va ma’lumotlarga asoslangan boshqaruv alohida ahamiyat kasb etadi.

Sun’iy intellektning ekologik monitoringdagi imkoniyatlari

Sun’iy intellekt ekologik monitoringda katta hajmdagi turli xil ma’lumotlarni tezkor qayta ishlash, ular orasidagi yashirin bog‘liqliklarni aniqlash va kelajakdagi holatni prognozlash imkonini beradi. Masalan, havo sifati bo‘yicha meteorologik ma’lumotlar, transport oqimi, sanoat korxonalari faoliyati va sensorlardan olinadigan ma’lumotlarni birlashtirish orqali ifloslanish darajasini prognozlash mumkin. Tadqiqotlar mashinali o‘qitish va IoT asosidagi tizimlarning tashqi havo ifloslanishini monitoring qilish va prognozlashda qo‘llanayotganini ko‘rsatmoqda.

O‘zbekiston sharoitida bunday tizimlar, ayniqsa, Toshkent va boshqa yirik shaharlarda havo sifati monitoringini takomillashtirish uchun istiqbolli hisoblanadi.[3] Sensorlardan kelayotgan ma’lumotlar SI algoritmlari yordamida tahlil qilinib, ifloslanishning vaqt va hudud bo‘yicha o‘zgarishi aniqlanishi, yuqori xavfli davrlar oldindan prognoz qilinishi mumkin.

Suv resurslarini boshqarishda ma’lumotlar tahlili

O‘zbekiston uchun suv resurslaridan oqilona foydalanish strategik ahamiyatga ega. Qishloq xo‘jaligi, aholi ehtiyojlari, sanoat va ekologik tizimlar suv resurslariga bog‘liq bo‘lgani sababli suvdan foydalanish samaradorligini oshirish zamonaviy texnologiyalarni talab etadi.

Sun’iy intellekt yordamida suv sarfi, yog‘ingarchilik, harorat, tuproq namligi, daryo va kanallardagi suv hajmi kabi ko‘rsatkichlarni birgalikda tahlil qilish mumkin. Natijada suvga bo‘lgan talabni prognozlash, sug‘orish jarayonlarini optimallashtirish va suv yo‘qotishlarini aniqlash imkoniyati paydo bo‘ladi.

Masofadan zondlash va SI texnologiyalarining birlashishi suv havzalarining katta hududlarini tezkor baholash imkonini ham beradi. Zamonaviy tadqiqotlarda masofadan zondlash ma’lumotlari bilan AI algoritmlarini birlashtirish suv sifatining ayrim parametrlarini katta hududlarda baholash uchun istiqbolli usul sifatida ko‘rsatilgan.

O‘zbekistonning suv resurslarini boshqarish siyosatida ham suv tejovchi texnologiyalar va suv resurslari hisobini takomillashtirish muhim vazifalardan biri sifatida belgilangan.

Orolbo‘yi hududida sun’iy intellektdan foydalanish

Orolbo‘yi mintaqasi O‘zbekiston ekologik siyosatidagi eng muhim yo‘nalishlardan biridir. Orol dengizining qisqarishi natijasida yuzaga kelgan ekologik oqibatlarni monitoring qilish, cho‘llanish jarayonini baholash, o‘simlik qoplamining o‘zgarishini kuzatish va yashil hududlarni rivojlantirishda masofadan zondlash ma’lumotlari katta ahamiyatga ega.[4]

Sun’iy yo‘ldoshlardan olingan tasvirlarni SI yordamida tahlil qilish orqali hududdagi yer qoplami, o‘simliklar zichligi, suv maydonlari, qum va tuzli hududlarning kengayishi kabi ko‘rsatkichlarni muntazam kuzatish mumkin.

Bunday tizim ekologik o‘zgarishlarni faqat sodir bo‘lgandan keyin qayd etishdan ko‘ra, ularning dinamikasini tahlil qilish va kelajakdagi ehtimoliy holatni prognozlash imkonini beradi.

2025-yilgi davlat dasturida Orol dengizi tubida 100 ming gektar yashil maydon barpo etish va Orolbo‘yi mintaqasidagi o‘rmonzorlarni kengaytirish bo‘yicha maqsadlar belgilangan.[5] Ushbu jarayonlarni sun’iy yo‘ldosh tasvirlari, GIS va AI asosida monitoring qilish loyihalarning hududiy va ekologik samaradorligini baholashga yordam berishi mumkin.

O‘zbekiston uchun istiqbolli yagona ekologik ma’lumotlar tizimi

Kelajakda O‘zbekistonda turli ekologik ma’lumotlarni yagona raqamli ekotizimga birlashtirish muhim vazifalardan biri bo‘lishi mumkin. Bunday tizim quyidagi ma’lumotlarni birlashtirishi mumkin:

- meteorologik ma’lumotlar;
- havo sifati sensorlari;
- suv sifati va suv sarfi ko‘rsatkichlari;
- sun’iy yo‘ldosh tasvirlari;
- tuproq va yer qoplami ma’lumotlari;
- o‘rmon va yashil hududlar haqidagi ma’lumotlar;
- biologik xilma-xillik haqidagi ma’lumotlar.

Mazkur ma’lumotlar Big Data platformasida saqlanib, AI algoritmlari orqali tahlil qilinishi mumkin. Natijada ekologik holatning raqamli xaritasi, xavf ko‘rsatkichlari va prognoz modellari shakllantiriladi.

Bunday yondashuvning asosiy afzalligi – ekologik boshqaruvni “muammo yuzaga kelgandan keyin javob berish” modelidan “muammoni oldindan aniqlash va oldini olish” modeliga o‘tkazishdir.[6]

Asosiy muammolar va cheklovlar

Sun’iy intellektning imkoniyatlari keng bo‘lsa-da, uni ekologik sohada joriy etishda qator muammolar mavjud. Birinchidan, SI modelining aniqligi bevosita ma’lumotlarning sifati va hajmiga bog‘liq. Ma’lumotlar yetarli bo‘lmasa yoki turli manbalardan olingan ma’lumotlar o‘zaro mos kelmasa, model natijalari ishonchliligi pasayishi mumkin.

Ikkinchidan, ekologik ma’lumotlarning yagona standart asosida yig‘ilishi va almashinuvi muhim. Turli tashkilotlarda mavjud ma’lumotlar yagona format va texnik standartlarga ega bo‘lmasa, ularni birlashtirish qiyinlashadi.

Uchinchidan, ayrim AI modellarining “qora quti” xususiyati ekologik boshqaruvda muammo tug‘dirishi mumkin. Ya’ni model ma’lum bir prognozni bergan bo‘lsa-da, qarorning qanday shakllanganini tushuntirish qiyin bo‘lishi mumkin. Shu sababli ekologik sohada tushuntiriladigan sun’iy intellekt (Explainable AI – XAI) texnologiyalarini rivojlantirish muhim. Ilmiy tadqiqotlar ham ekologik monitoringda modelning shaffofligi, ma’lumotlar sifati va mutaxassislar yetishmasligini asosiy muammolar qatorida ko‘rsatmoqda.

Bundan tashqari, ekologik ma’lumotlarning xavfsizligi, shaxsiy ma’lumotlarni himoya qilish, kiberxavfsizlik, AI modellarining energiya sarfi va texnologik infratuzilmaning narxi ham e’tibordan chetda qolmasligi kerak.

Xulosa

O‘zbekistonda atrof-muhitni muhofaza qilishning yangi bosqichi ekologik boshqaruvni raqamlashtirish, katta hajmdagi ma’lumotlardan samarali foydalanish va sun’iy intellekt texnologiyalarini amaliy jarayonlarga integratsiya qilish bilan chambarchas bog‘liq. Iqlim o‘zgarishi, suv tanqisligi, havo ifloslanishi, cho‘llanish, tuproq degradatsiyasi va Orolbo‘yi ekologik muammolari kabi murakkab masalalarni samarali hal qilish uchun faqat an’anaviy monitoring usullaridan foydalanish yetarli emas.

O‘zbekistonning “O‘zbekiston – 2030” strategiyasi va ekologik siyosatida tabiiy resurslarni tejash, ekologik barqarorlik, biologik xilma-xillikni saqlash va yashil iqtisodiyotga o‘tish ustuvor vazifalar sifatida belgilanayotgan bir sharoitda sun’iy intellekt ushbu maqsadlarga erishishning muhim texnologik vositalaridan biri bo‘lishi mumkin.

Shu bilan birga, sun’iy intellekt ekologik muammolarning o‘z-o‘zidan yechimi emas. Uning samaradorligi sifatli ma’lumotlar, zamonaviy raqamli infratuzilma, malakali mutaxassislar, ilmiy-metodik asoslar, ochiq ma’lumotlar siyosati va samarali davlat boshqaruviga bog‘liq.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti. “O‘zbekiston – 2030” strategiyasi. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining tegishli farmon va davlat dasturlari.

2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti. “O‘zbekiston – 2030” strategiyasini “Atrof-muhitni asrash va “yashil iqtisodiyot” yilida amalga oshirishga oid davlat dasturi to‘g‘risida”. 2025-yil 8-fevral.

3. O‘zbekiston Respublikasi. 2030-yilgacha bo‘lgan davrda O‘zbekiston Respublikasining Atrof-muhitni muhofaza qilish konsepsiyasi. Prezidentning 2019-yil 30-oktabrdagi PF-5863-son Farmoni asosida.

4. Alotaibi, E., Nassif, N. Artificial intelligence in environmental monitoring: in-depth analysis. Discover Artificial Intelligence, 2024, Vol. 4, Article 84. DOI: 10.1007/s44163-024-00198-1.

5. Egbewole, B. I., Olojo, A., Oladapo, B. I. Artificial intelligence in environmental monitoring: Advancements, challenges, and future directions. Hygiene and Environmental Health Advances, 2024, Vol. 12, 100114. DOI: 10.1016/j.heha.2024.100114.

6. Sun, Y., Wang, D., Li, L., Ning, R., Yu, S., Gao, N. Application of remote sensing technology in water quality monitoring: From traditional approaches to artificial intelligence. Water Research, 2024, Vol. 267, 122546. DOI: 10.1016/j.watres.2024.122546.

SUN’IY INTELLEKT YORDAMIDA ATMOSFERA HAVOSINING IFLOSLANISHINI BASHORATLASH

Shukurov Vasliddin Sobirjon o‘g‘li SamISI “Axborot texnologiyalari” kafedrasi assistenti +998995991814, vasliddinsobirovich@gmail.com

Annotatsiya. Atmosfera havosining ifloslanishini oldindan baholash ekologik xavflarni kamaytirishga qaratilgan qarorlar uchun zarur. Ushbu tezisda havo sifatini bashoratlashda sun’iy intellektdan foydalanish imkoniyatlari ilmiy adabiyotlar asosida tahlil qilinadi. Random Forest, XGBoost va LSTM modellarining qo‘llanish xususiyatlari hamda meteorologik va monitoring ma’lumotlarini birlashtirishning ahamiyati yoritiladi. Tahlil model samaradorligi ma’lumotlar sifati, hudud xususiyatlari va bashorat muddatiga bog‘liqligini ko‘rsatadi. Samarqand shahrida $PM_{2.5}$ va PM_{10} konsentratsiyasini qisqa muddatga bashoratlash uchun ma’lumotlarni tayyorlash, modellarni qiyoslash va natijalarni baholash yondashuvi taklif etiladi. Asosiy tavsiya mahalliy kuzatuvlarda tekshirilgan modelni ekologik monitoring va oldindan ogohlantirish jarayoniga bosqichma-bosqich kiritishdan iborat.

Kalit so‘zlar: sun’iy intellekt, atmosfera havosi, $PM_{2.5}$, PM_{10}, mashinali o‘qitish, XGBoost, LSTM, ekologik monitoring.

Atmosfera havosining sifati aholi salomatligi va shahar muhitining barqarorligi bilan bog‘liq. Havodagi zararli moddalarni o‘lchash mavjud vaziyatni ko‘rsatadi, bashoratlash esa ifloslanish kuchayishi mumkin bo‘lgan vaqtni oldindan aniqlashga yordam beradi. Shu sababli ekologik monitoringni yaqin soatlar yoki kunlar uchun prognoz bilan to‘ldirish amaliy ahamiyatga ega [1, 5].

Havo sifatini baholashda $PM_{2.5}$ va PM_{10} muhim ko‘rsatkichlardir. Ular mos ravishda aerodinamik diametri 2,5 va 10 mikrometrgacha bo‘lgan zarrachalar fraksiyasini bildiradi. Ularning konsentratsiyasi chiqindilar manbalariga, ob-havoga va avvalgi vaqt oralig‘idagi ifloslanishga bog‘liq. Bir nechta omilning birgalikdagi ta’sirini hisobga olish bashoratlash vazifasini murakkablashtiradi [1, 4].

Tadqiqotning maqsadi sun’iy intellekt yordamida atmosfera havosining ifloslanishini bashoratlash bo‘yicha xalqaro tadqiqotlarni qiyoslash va mahalliy sharoitda qo‘llash uchun ilmiy asoslangan yondashuv taklif qilishdir. Asosiy e’tibor modelni tanlash, kirish ma’lumotlarini shakllantirish va bashorat sifatini tekshirish masalalariga qaratiladi.

Ishda ilmiy adabiyotlarni qiyosiy tahlil qilish usuli qo‘llanildi. Mavzuga bevosita aloqador, 2021–2024-yillarda nashr etilgan oltita ilmiy maqola tanlandi. Ulardagi ifloslantiruvchi moddalar, kirish ma’lumotlari, bashorat muddatlari, model turlari va baholash yondashuvlari taqqoslandi. Tahlil asosida mahalliy monitoring uchun metodik takliflar ishlab chiqildi.

Czernecki, Marosz va Jędruszkiewicz Polshaning to‘rtta yirik shahar hududidagi 11 ta monitoring stansiyasida qish mavsumida yig‘ilgan o‘n yillik soatlik PM_{10} va $PM_{2.5}$ ma’lumotlarini o‘rgangan. Mualliflar bosqichli regressiya, Random Forest, XGBoost va neyron tarmoqlarni taqqoslagan. Ushbu sharoitda XGBoost eng yaxshi natijani bergan, keyingi o‘rinlarda Random Forest va neyron tarmoqlar turgan [1]. Bu natija qaror daraxtlariga asoslangan modellarni dastlabki sinovga kiritish uchun asos bo‘la oladi.

Arsov va hammualliflar Skopye shahrida PM_{10} miqdorini 6, 12 va 24 soat oldinga bashoratlashni tadqiq qilgan. Bunda bir nechta kuzatuv nuqtasidagi havo sifati ma’lumotlari meteorologik ko‘rsatkichlar bilan birlashtirilgan. Sinovdan o‘tkazilgan neyron tarmoq konfiguratsiyalari orasida ARIMA tayanch modelidan yaxshiroq natija bergan variantlar aniqlangan [2]. Tadqiqot vaqt bo‘yicha ketma-ket kuzatuvlar va turli nuqtalardagi o‘lchovlardan birgalikda foydalanish imkoniyatini ko‘rsatadi.

Babu Saheer va hammualliflar Kembrij shahri misolida havo sifati, ob-havo, transport va o‘simlik qoplami haqidagi ma’lumotlarni birlashtiruvchi yondashuvni ishlab chiqqan. Unda statistik, mashinali o‘qitish va chuqur o‘qitish modellari ko‘rib chiqilgan. Yashil hududlar haqidagi ma’lumotni olish uchun aerotasvirlardan foydalanilgan [3]. Mazkur ish hududiy xususiyatlarni qo‘shimcha belgi sifatida hisobga olish mumkinligini ko‘rsatadi.

Hong Brunei-Muara hududida PM_{10} o‘zgarishi va meteorologik sharoit o‘rtasidagi bog‘lanishni tahlil qilgan. Tadqiqotda harorat, shamol tezligi va yo‘nalishi hamda yog‘ingarchilik hisobga olinib, chiziqli regressiya, Random Forest, XGBoost va sun’iy neyron tarmoq modellari sinovdan o‘tkazilgan [4]. Bu ish ob-havo ma’lumotlarini yordamchi axborot sifatida kiritish va modelni turli mavsumlarda tekshirish zarurligini asoslaydi.

Zhang va hammualliflar Stokgolmda PM_{10}, azot oksidlari va ozonning 1, 2 hamda 3 kunlik deterministik bashoratlarini Random Forest, XGBoost va LSTM yordamida yaxshilagan. Ayrim ko‘cha monitoring nuqtalarida azot oksidlari uchun o‘rtacha kvadratik xato 60 foizgacha kamaygan. Mualliflar yaxshilanish darajasi algoritmdan tashqari modda turi va kuzatuv joyiga ham bog‘liqligini qayd etgan [5]. Ushbu raqam aynan o‘sha tadqiqot sharoitiga tegishli bo‘lib, mahalliy tizimning kutiladigan aniqligi sifatida qabul qilinmaydi.

Wang va hammualliflar $PM_{2.5}$ ni bashoratlash uchun VMD–GAT–BiLSTM gibrid modelini taklif qilgan. Unda vaqt qatori tarkibiy qismlarga ajratiladi, monitoring stansiyalari o‘rtasidagi fazoviy bog‘lanishlar graf asosida o‘rganiladi va vaqt bo‘yicha xususiyatlar neyron tarmoq orqali hisobga olinadi [6]. Bu yondashuv bir nechta stansiya mavjud bo‘lgan hududlarda fazoviy va vaqt omillarini birgalikda ko‘rib chiqish imkonini beradi.

Qiyoslangan ishlar asosida yagona modelni barcha hududlar uchun eng yaxshi deb belgilash to‘g‘ri bo‘lmaydi. Random Forest ko‘plab qaror daraxtlari natijalarini umumlashtiradi. XGBoost daraxtlarni ketma-ket qurib, oldingi bosqichdagi xatolarni kamaytiradi. LSTM esa vaqt qatoridagi bog‘lanishlarni

o‘rganishga mo‘ljallangan. Ularning amaliy qiymati bir xil mahalliy ma’lumotlarda o‘tkazilgan sinov bilan aniqlanishi lozim [1, 2, 5].

Samarqand shahrida bunday tizimni ishlab chiqishning dastlabki bosqichi sifatida $PM_{2.5}$ va PM_{10} ning soatlik konsentratsiyasini 6, 12 va 24 soat oldinga bashoratlash taklif etiladi. Ushbu vaqt oralig‘i modellarni alohida qiyoslash va keyingi kun uchun ogohlantirish imkoniyatini baholashga xizmat qiladi. Ishni ishonchli o‘lchovlar mavjud bo‘lgan kuzatuv nuqtalaridan boshlash, keyinchalik ma’lumotlar yetarliligiga qarab kengaytirish maqsadga muvofiq.

Birinchi bosqichda ifloslantiruvchi moddalar konsentratsiyasi, harorat, nisbiy namlik, shamol tezligi va yo‘nalishi, yog‘ingarchilik hamda atmosfera bosimi yagona vaqt shkalasiga keltiriladi. Har bir yozuvga vaqt, kuzatuv nuqtasi va o‘lchov birligi biriktiriladi. Transport oqimi haqidagi ishonchli ma’lumot mavjud bo‘lsa, u ham qo‘shiladi. Stansiyalar o‘rtasidagi farqni ifodalash uchun joylashuv va hudud xususiyatlaridan foydalanish mumkin. Ma’lumot yig‘ishda imkon qadar turli mavsumlarni qamrab olish tavsiya etiladi.

Ikkinchi bosqichda takrorlangan yozuvlar, vaqt belgilaridagi nomuvofiqliklar va texnik nosozliklardan kelib chiqqan qiymatlar tekshiriladi. Yetishmayotgan ma’lumotlar ulushi qayd etilib, ularni to‘ldirish usuli asoslanadi. Yuqori konsentratsiya avtomatik ravishda xato deb chiqarib tashlanmasligi kerak: u haqiqiy ifloslanish hodisasi bo‘lishi mumkin. Shubhali qiymatni olib tashlashdan oldin asbob holati va qo‘shni kuzatuvlar bilan mosligi tekshiriladi.

Uchinchi bosqichda oldingi soatlardagi konsentratsiya, kun vaqti, hafta kuni va mavsumga oid belgilar shakllantiriladi. Kelajakdagi ob-havo modelga kiritilsa, bashorat tuzilayotgan paytda mavjud bo‘lgan meteorologik prognozdan foydalaniladi. Keyinchalik o‘lchangan haqiqiy ob-havoni oldindan ma’lum axborot sifatida ishlatish natijani sun’iy ravishda yaxshilashi mumkin. Shu sababli belgilarni tanlashda ularning amaliy prognoz vaqtida mavjudligi tekshiriladi.

To‘rtinchi bosqichda ma’lumotlar vaqt tartibi saqlangan holda o‘qitish, sozlash va yakuniy sinov qismlariga ajratiladi. Masshtablash va yetishmayotgan qiymatlarni to‘ldirish parametrlari o‘qitish qismida aniqlanadi. Avvalo keyingi konsentratsiyani oxirgi kuzatilgan qiymatga teng deb oluvchi oddiy tayanch bashorat tuziladi. So‘ng Random Forest va XGBoost, yetarli ketma-ket kuzatuvlar mavjud bo‘lsa, LSTM sinovdan o‘tkaziladi. Barcha modellar bir xil vaqt oralig‘i va kirish ma’lumotlarida taqqoslanadi.

Beshinchi bosqichda har bir modda va bashorat muddati uchun o‘rtacha mutlaq xato (MAE), o‘rtacha kvadratik xatoning ildizi (RMSE) hamda R^2 ko‘rsatkichi hisoblanadi. MAE va RMSE dastlabki konsentratsiya shkalasida, masalan, $\mu g/m^3$ da beriladi. Xatolik kamayishi bilan birga, yuqori ifloslanish holatlarini aniqlash sifati ham baholanadi. Ogohlantirish chegarasi tegishli vaqt oralig‘i uchun qabul qilingan me’yor bilan moslashtiriladi. Noto‘g‘ri ogohlantirishlar va aniqlanmay qolgan xavfli holatlar alohida qayd etiladi.

Model natijasini tushuntirish uchun belgilar ahamiyatini tahlil qilish, jumladan, SHAP usulidan foydalanish mumkin [5]. Bu tahlil model bashoratiga

qaysi belgilar ko‘proq hissa qo‘shganini ko‘rsatadi. Biroq modeldagi hissa ifloslanishning haqiqiy sababini isbotlamaydi. Natijalar monitoring mutaxassisi tomonidan baholanib, ogohlantirish tizimiga kiritishdan oldin amaliy sinovdan o‘tkazilishi tavsiya etiladi.

Ilmiy adabiyotlar tahlili sun’iy intellekt atmosfera havosining ifloslanishini qisqa muddatga bashoratlashda qo‘llanishi mumkinligini ko‘rsatadi. Ishonchli natija uchun algoritm tanlash bilan birga meteorologik ma’lumotlar, kuzatuv nuqtalari va vaqt bo‘yicha o‘zgarishlarni hisobga olish zarur. Mahalliy sharoit uchun maqbul model sinovdagi aniqligi, ogohlantirish sifati va hisoblash xarajatlari asosida tanlanishi kerak. Taklif etilgan yondashuv Samarqand shahrida dastlabki tajriba tizimini ishlab chiqish uchun metodik asos bo‘la oladi; uning samaradorligi mahalliy ma’lumotlarda tekshirilishi lozim.

Ilmiy nazariy taklif va amaliy tavsiyalar

Ilmiy-nazariy taklif sifatida havo ifloslanishini bashoratlash vazifasini uchta bog‘liq qism orqali tashkil etish tavsiya qilinadi: vaqt bo‘yicha o‘zgarishni o‘rganish, meteorologik va hududiy belgilarni birlashtirish hamda bashoratni mustaqil sinovda baholash. Bu yondashuv algoritm murakkabligini asosiy mezon sifatida olish o‘rniga, modelning mahalliy kuzatuvlarga mosligi va ekologik qaror uchun foydasini baholashga imkon beradi.

Amaliy jihatdan, avvalo monitoring ma’lumotlarining uzluksizligi va sifatini ta’minlash; modellarni oddiy tayanch bashorat bilan taqqoslash; har bir prognoz muddatining xatoligini alohida hisoblash tavsiya etiladi. Dastlabki bosqichda Random Forest va XGBoostni sinash, LSTMni esa ma’lumotlar va hisoblash imkoniyatlari yetarli bo‘lganda qo‘shish maqsadga muvofiq. Ogohlantirishni keng joriy etishdan oldin tizimni sinov rejimida kuzatish, mavsumlar bo‘yicha sifatini tekshirish va yangi ma’lumotlar asosida qayta o‘qitish tartibini belgilash lozim. Bashorat ifloslanishni bevosita kamaytirmaydi, lekin choralarni o‘z vaqtida rejalashtirish uchun axborot beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Czernecki, B., Marosz, M., Jędruszkiewicz, J. (2021). Assessment of Machine Learning Algorithms in Short-term Forecasting of PM_{10} and $PM_{2.5}$ Concentrations in Selected Polish Agglomerations. Aerosol and Air Quality Research, 21, 200586. https://doi.org/10.4209/aaqr.200586

2. Arsov, M., Zdravevski, E., Lameski, P., Corizzo, R., Koteli, N., Gramatikov, S., Mitreski, K., Trajkovik, V. (2021). Multi-Horizon Air Pollution Forecasting with Deep Neural Networks. Sensors, 21(4), 1235. https://doi.org/10.3390/s21041235

3. Babu Saheer, L., Bhasy, A., Maktabdar, M., Zarrin, J. (2022). Data-Driven Framework for Understanding and Predicting Air Quality in Urban Areas. Frontiers in Big Data, 5, 822573. https://doi.org/10.3389/fdata.2022.822573

4. Hong, W. Y. (2024). Meteorological variability and predictive forecasting of atmospheric particulate pollution. Scientific Reports, 14, 14. https://doi.org/10.1038/s41598-023-41906-8

5. Zhang, Z., Johansson, C., Engardt, M., Stafoggia, M., Ma, X. (2024). Improving 3-day deterministic air pollution forecasts using machine learning algorithms. Atmospheric Chemistry and Physics, 24, 807–851. https://doi.org/10.5194/acp-24-807-2024

6. Wang, X., Zhang, S., Chen, Y., He, L., Ren, Y., Zhang, Z., Li, J., Zhang, S. (2024). Air quality forecasting using a spatiotemporal hybrid deep learning model based on VMD–GAT–BiLSTM. Scientific Reports, 14, 17841. https://doi.org/10.1038/s41598-024-68874-x

XOTIN-QIZLARNI QO‘LLAB-QUVVATLASH SIYOSATIDA GENDER TENGLIGI, IJTIMOIY FAROVONLIK VA BOSHQARUV SAMARADORLIGINI OSHIRISH IMKONIYATLARI GENDER TENGLIGINI TA’MINLASHDA XOTIN-QIZLARNING AXBOROT TEXNOLOGIYALARI VA SUN’IY INTELLEKT SOHASIDAGI ISHTIROKINI QO‘LLAB-QUVVATLASH IMKONIYATLARI

Salimova Maxbuba Xidirbay qizi, Musurmonova Ibodat,
Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti Sun’iy intellect va raqamli texnologiyalar institute

Annotatsiya. Mazkur maqolada O‘zbekistonda xotin-qizlarni qo‘llab-quvvatlash siyosatining zamonaviy yo‘nalishlari, xususan, gender tengligini ta’minlash, xotin-qizlarning ijtimoiy-iqtisodiy faolligini oshirish, ta’lim va kasbiy rivojlanish imkoniyatlarini kengaytirish hamda davlat boshqaruvida ularning ishtirokini kuchaytirish masalalari tahlil qilinadi. Tadqiqotda ushbu siyosatning muhim amaliy yo‘nalishlaridan biri sifatida xotin-qizlarni axborot texnologiyalari, dasturlash va sun’iy intellekt sohalariga keng jalb qilish imkoniyatlari ko‘rib chiqiladi. O‘zbekistonda mazkur yo‘nalishda qabul qilingan normativ-huquqiy hujjatlar, ta’lim dasturlari, ilmiy va innovatsion tanlovlar hamda ijtimoiy loyihalar tahlil qilinib, ularning xotin-qizlarning raqamli kompetensiyalarini rivojlantirish, bandligini ta’minlash, tadbirkorlik va o‘zini o‘zi band qilish imkoniyatlarini kengaytirishdagi ahamiyati yoritiladi. Shuningdek, axborot texnologiyalari va sun’iy intellekt sohasida xotin-qizlar ishtirokining kengayishi inson kapitalini rivojlantirish, raqamli iqtisodiyot uchun malakali kadrlar tayyorlash va davlat boshqaruvi samaradorligini oshirish bilan bog‘liq jihatlar asoslab beriladi.

Kalit so‘zlar: xotin-qizlar, gender tengligi, ijtimoiy farovonlik, davlat boshqaruvi, axborot texnologiyalari, sun’iy intellekt, bandlik, tadbirkorlik, raqamli iqtisodiyot, inson kapitali.

Аннотация. В данной статье анализируются современные направления политики поддержки женщин в Узбекистане, в частности вопросы обеспечения гендерного равенства, повышения социально-экономической активности женщин, расширения возможностей для образования и профессионального развития, а также усиления их участия в государственном управлении. В исследовании в качестве одного из важных практических направлений данной политики рассматриваются возможности широкого привлечения женщин к сфере информационных технологий, программирования и искусственного интеллекта. Анализируются нормативно-правовые документы, образовательные программы, научные и инновационные конкурсы, а также социальные проекты, принятые и реализуемые в Узбекистане в данном направлении, и раскрывается их значение в развитии цифровых компетенций женщин, обеспечении их занятости, расширении возможностей предпринимательства и самозанятости. Также обосновываются аспекты, связанные с расширением участия женщин в сфере ИТ и искусственного интеллекта, развитием человеческого капитала, подготовкой квалифицированных кадров для цифровой экономики и повышением эффективности государственного управления.

Ключевые слова: женщины, гендерное равенство, социальное благополучие, государственное управление, информационные технологии, искусственный интеллект, занятость, предпринимательство, цифровая экономика, человеческий капитал.

Abstract. This article analyzes the modern directions of the policy of supporting women in Uzbekistan, particularly issues related to ensuring gender equality, increasing women's socio-economic activity, expanding opportunities for education and professional development, as well as strengthening their participation in public administration. The study considers the opportunities for broad involvement of women in the fields of information technology, programming, and artificial intelligence as one of the important practical directions of this policy. The article analyzes the regulatory and legal documents, educational programs, scientific and innovation competitions, as well as social projects adopted and implemented in Uzbekistan in this area, highlighting their importance in developing women's digital competencies, ensuring their employment, and expanding opportunities for entrepreneurship and self-employment. In addition, the aspects related to expanding women's participation in the fields of IT and artificial intelligence, developing human capital, training qualified specialists for the digital economy, and improving the efficiency of public administration are substantiated.

Keywords: women, gender equality, social well-being, public administration, information technology, artificial intelligence, employment, entrepreneurship, digital economy, human capital.

KIRISH

Hozirgi kunda davlat va jamiyat taraqqiyotida inson kapitalidan samarali foydalanish, aholining barcha qatlamlari uchun teng imkoniyatlar yaratish hamda ijtimoiy-iqtisodiy jarayonlarda xotin-qizlarning faol ishtirokini ta’minlash bo‘yicha ko‘plab chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda. O‘zbekistonda xotin-qizlar aholining sezilarli qismini tashkil etadi. 2026-yil holatiga ko‘ra, mamlakat aholisining qariyb 50 foizini xotin-qizlar tashkil etadi. Milliy statistika qo‘mitasi taqdim etgan ma’lumotlariga ko‘ra, 2026-yil 1-yanvar holatiga mamlakatimizda ayollar soni 18 979,0 ming nafarni tashkil etadi. Shu nuqtayi nazardan, xotin-qizlarning ta’lim olishi, kasbiy ko‘nikmalarni egallashi, tadbirkorlik va ilmiy-innovatsion faoliyat bilan shug‘ullanishi nafaqat gender tengligining muhim ko‘rsatkichi, balki mamlakat inson kapitalining rivojlanish omili hamdir.

O‘zbekistonda jamiyatning barcha a’zolari uchun teng huquq va imkoniyatlarni ta’minlashning huquqiy asoslari shakllantirilgan. Jumladan, 2019-yil 2-sentabrdagi O‘RQ-562-son “Xotin-qizlar va erkaklar uchun teng huquq hamda imkoniyatlar kafolatlari to‘g‘risida”gi Qonunda davlat xotin-qizlar va erkaklarga jamiyat hamda davlat ishlarini boshqarishda, saylov jarayonida teng ishtirok etishni, sog‘liqni saqlash, ta’lim, fan, madaniyat, mehnat va ijtimoiy himoya sohalarida, shuningdek davlat va jamiyat hayotining boshqa sohalarida teng huquq hamda imkoniyatlar ta’minlanishini kafolatlashi belgilangan. Shuningdek, qonunda ta’lim, fan, mehnat, davlat boshqaruvi va boshqa sohalarda teng imkoniyatlarni ta’minlashga alohida e’tibor qaratilgan. Mazkur huquqiy yondashuv xotin-qizlarni faqat ijtimoiy himoya obyekti sifatida emas, balki jamiyat va iqtisodiyotning faol subyekti sifatida rivojlantirish zarurligini ko‘rsatadi [1]. Shu sababli, zamonaviy raqamli iqtisodiyot sharoitida xotin-qizlarning axborot texnologiyalari va sun’iy intellekt sohasidagi ishtirokini kengaytirish gender siyosatining yangi va istiqbolli yo‘nalishlaridan biri sifatida qaraladi.

“O‘zbekiston – 2030” strategiyasida xotin-qizlarning huquq va qonuniy manfaatlarini ta’minlash, ularning ijtimoiy, iqtisodiy va siyosiy faolligini oshirish hamda gender tengligini ta’minlash alohida maqsad sifatida belgilangan. Strategiyada boshqaruv lavozimlaridagi xotin-qizlar ulushini 35 foizga, davlat fuqarolik xizmatida xotin-qizlar ulushini esa 40 foizga yetkazish ko‘rsatkichlari belgilangan [2]. Yuqoridagi raqamlardan shunday xulosa qilish mumkinki, xotin-qizlarning imkoniyatlarini kengaytirish masalasi faqat ijtimoiy himoya bilan cheklanmay, ularni ta’lim, mehnat, tadbirkorlik, ilm-fan, texnologiya va davlat boshqaruvining faol ishtirokchisiga aylantirishni ham nazarda tutadi.

Axborot texnologiyalari va sun’iy intellekt sohasida xotin-qizlarning bandligini ta’minlash va kasbiy faolligini oshirish

Axborot texnologiyalari (AT) va dasturlash sohasining muhim xususiyatlaridan biri – kasbiy faoliyatni geografik jihatdan nisbatan erkin tashkil etish imkoniyatidir. Hozirgi texnologik muhitda dasturchi, grafik dizayner, ma’lumotlar tahlilchisi, testchi, UI/UX mutaxassisi, loyiha menejeri, sun’iy intellekt mutaxassisi yoki boshqa raqamli kasb egasi faoliyatining muayyan

qismini masofadan turib amalga oshirishi mumkin. Bu holat xotin-qizlar uchun alohida ijtimoiy ahamiyatga ega. Chunki raqamli kasblar ayollarga an’anaviy mehnat shakllaridan tashqari yangi bandlik modellaridan foydalanish imkonini beradi. Jumladan, masofaviy ishlash, frilanserlik, onlayn xizmat ko‘rsatish va raqamli tadbirkorlik kabi faoliyat turlari xotin-qizlarning iqtisodiy faolligini kengaytirishi mumkin. Bunda AT sohasi xotin-qizlar uchun faqat ish joyi emas, balki o‘zini o‘zi rivojlantirish, mustaqil daromad manbasini shakllantirish, xalqaro mehnat bozoriga chiqish va o‘z biznesini yaratish imkoniyatini ham beradi.

Xotin-qizlarni zamonaviy kasblarga tayyorlashda amaliy ta’lim dasturlari muhim o‘rin tutadi. Vazirlar Mahkamasining 2022-yil 31-martdagi 145-son qarorida oliy ta’limga kira olmagan yoki oliy ta’limda o‘qish imkoniyati bo‘lmagan ishsiz xotin-qizlarni mehnat bozorida talab yuqori bo‘lgan zamonaviy kasblar va IT texnologiyalariga o‘qitish hamda ularning bandligini ta’minlash mexanizmi belgilangan [3]. Mazkur yondashuvning ahamiyati shundaki, AT ta’limi xotin-qizlarning bandligini ta’minlash vositalaridan biri sifatida davlat siyosatiga kiritilgan. Ya’ni raqamli ko‘nikmalarni egallash nafaqat ta’limiy natija, balki keyingi bandlik va daromad olish imkoniyatlari bilan bog‘langan.

Sun’iy intellektning jadal rivojlanishi yangi kasblar va ilmiy yo‘nalishlarning shakllanishiga olib kelmoqda. O‘zbekistonda bu jarayonni huquqiy va institutsional jihatdan rivojlantirish maqsadida 2024-yil 14-oktabrdagi PQ-358-son Prezident qarori bilan Sun’iy intellekt (SI) texnologiyalarini 2030-yilga qadar rivojlantirish strategiyasi tasdiqlangan. Strategiyada SI bo‘yicha normativ-huquqiy baza, infratuzilma, ilmiy laboratoriyalar, kadrlar salohiyati hamda aholining bilim va ko‘nikmalarini rivojlantirish yo‘nalishlari belgilangan.

Strategiyada 2030-yilgacha sun’iy intellekt asosida yaratilgan dasturiy mahsulotlar va xizmatlar hajmini 1,5 milliard AQSh dollariga yetkazish, SI yo‘nalishida ilmiy laboratoriyalar sonini oshirish hamda sun’iy intellekt bo‘yicha malakali kadrlar tayyorlash kabi maqsadlar belgilangan [4]. 2026-yilgi PF-141-son Farmonda esa aholi orasida yuqori malakali SI mutaxassislarini tayyorlash uchun “Besh million sun’iy intellekt yetakchilari” loyihasini amalga oshirish, yoshlar orasida SI texnologiyalarini ommalashtirish va aholining barcha qatlamlarida raqamli texnologiyalardan foydalanish ko‘nikmalarini rivojlantirish vazifalari belgilangan [5].

Mazkur imkoniyatlardan xotin-qizlarning faol foydalanishi ularning zamonaviy kasblarga kirib borishi, ilmiy tadqiqotlarda ishtirok etishi, SI asosidagi startap va innovatsion loyihalarni ishlab chiqishi uchun yangi imkoniyatlar yaratadi.

Axborot texnologiyalari sohasida faoliyat yuritayotgan xotin-qizlarni rag‘batlantirish

Axborot texnologiyalari sohasiga talaba, o‘quvchi qizlarni jalb etish kelgusida xotin-qizlarning raqamli iqtisodiyotdagi ishtirokini kengaytirishning muhim omillaridan biridir. Shu maqsadda O‘zbekistonda amalga oshirilayotgan

“Raqamli avlod qizlari” Respublika tanlovi qizlarning zamonaviy texnologiyalarga qiziqishini oshirish, raqamli ko‘nikmalarini rivojlantirish va innovatsion g‘oyalarini amaliy loyihalarga aylantirishga xizmat qilmoqda.



1-rasm. ***“Raqamli avlod***

Tanlov 2021-yildan buyon o‘tkazib kelinayotgan bo‘lib, uning ilk bosqichlarida 100 ming nafardan ortiq qizlar ishtirok etgan, 2025–2026-yilgi mavsumda esa 92 ming nafardan ortiq ishtirokchi qamrab olingan. 2026-yilgi tanlovda sun’iy intellekt, ta’lim, iqlim o‘zgarishi va yashil iqtisodiyot kabi yo‘nalishlarga alohida e’tibor qaratilib, ishtirokchilar tomonidan SI asosidagi loyihalar, mobil ilovalar va boshqa innovatsion ishlanmalar taqdim etilgan.

Xotin-qizlarning axborot texnologiyalari sohasidagi faoliyatini rag‘batlantirishning muhim mexanizmlaridan biri sifatida “Zulfiya” nomidagi Davlat mukofoti yo‘nalishlarining kengaytirilishini qayd etish mumkin. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2024-yil 7-fevraldagi PF-34-son Farmoni bilan mazkur mukofot yo‘nalishlari qatoriga axborot texnologiyalari 8-yo‘nalish sifatida kiritildi [6]. Mazkur o‘zgarish axborot texnologiyalari sohasida faoliyat yuritayotgan iqtidorli qizlarning yutuqlarini davlat darajasida e’tirof etish va ularni rag‘batlantirish uchun institutsional asos yaratdi.

2022-yilgi PF-87-son Prezident Farmonida xotin-qizlarni ilmiy va innovatsion faoliyatga jalb qilish maqsadida har yili “Olima ayol” tanlovini o‘tkazish hamda xotin-qizlarning innovatsion loyihalarini qo‘llab-quvvatlash mexanizmlari belgilangan [7]. Mazkur siyosatning amaliy natijalaridan biri sifatida 2026-yilda “Olima ayollar” tanlovida sun’iy intellekt va raqamli texnologiyalar yo‘nalishidagi loyihalar ham g‘oliblar qatoridan joy olgani qayd etilgan. Tanlov doirasida ilmiy va innovatsion g‘oyalarni amaliyotga joriy etishga qaratilgan loyihalar qo‘llab-quvvatlangan. Shuningdek, 2026-yilgi ma’lumotlarga ko‘ra, “Olima ayollar” tanlovida 1 612 ta loyiha talabnomasi ekspertizadan o‘tkazilib, umumiy qiymati 127,3 milliard so‘mlik 156 ta loyiha saralangan va moliyalashtirilgan.

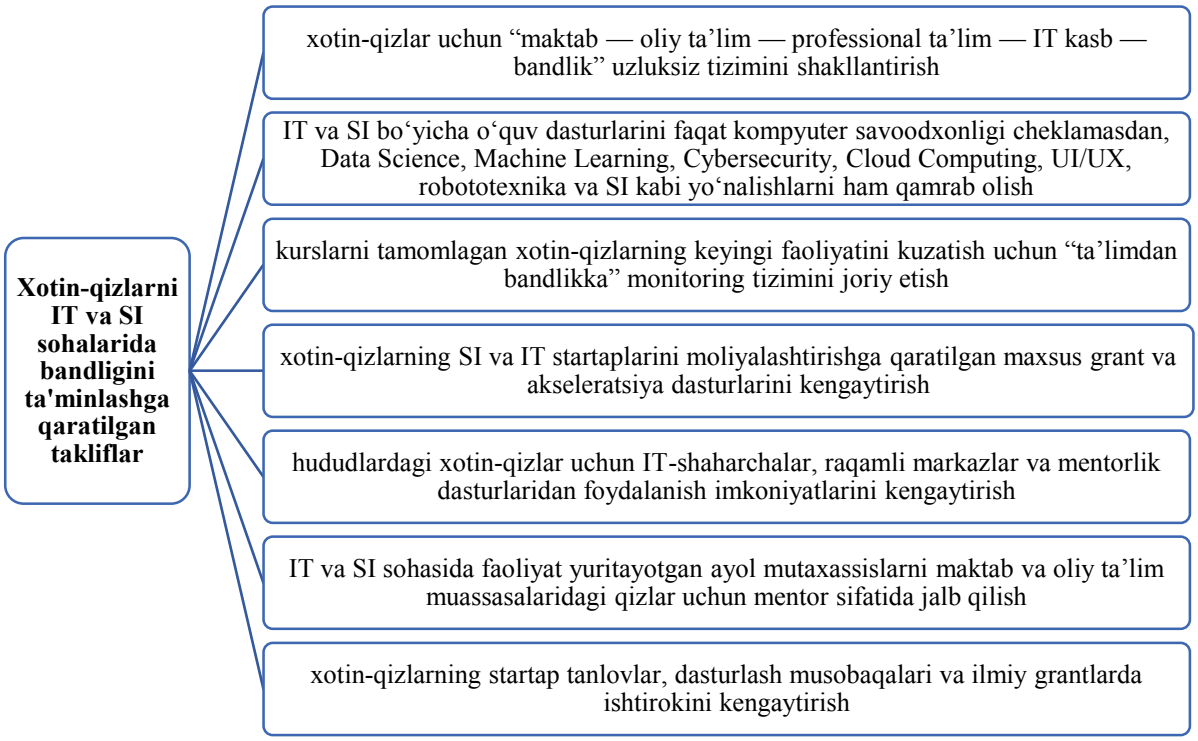
Bundan tashqari, yoshlarning texnologik startaplarini rivojlantirishga qaratilgan “President Tech Award” tanlovi 2023-yildan buyon o‘tkazib kelinmoqda. Tanlovda sun’iy intellekt, ijtimoiy texnologiyalar, moliyaviy texnologiyalar, MicroSaaS, AdTech, o‘yin dasturlari va boshqa yo‘nalishlar bo‘yicha loyihalar tanlab olinadi. Tanlovning umumiy mukofot jamg‘armasi 1 million AQSh dollarini tashkil etadi.

Xotin-qizlarning bunday tanlovlarda faol ishtirok etishi ularning texnologik g‘oyalarini tijoratlashtirish va innovatsion tadbirkorlikka kirib borish imkoniyatlarini kengaytirishi mumkin.

Gender tengligi va davlat boshqaruvi samaradorligi hamda sohaga oid amaliy takliflar

Xotin-qizlarning zamonaviy sohalardagi ishtiroki gender tengligini ta’minlashning boshqaruv jihatida muhim ahamiyatga ega. O‘zbekistonning gender tengligi to‘g‘risidagi qonunchiligida davlat boshqaruvida turli jinsdagi shaxslarning ishtiroki uchun shart-sharoitlar yaratish, xotin-qizlarning davlat xizmatidagi imkoniyatlarini ta’minlash va ta’lim, fan hamda mehnat sohalarida teng imkoniyatlarni kafolatlash belgilangan. Bu tamoyil raqamli davlat boshqaruvi sharoitida yanada dolzarb bo‘ladi. Chunki davlat xizmatlari tobora ko‘proq raqamli platformalar, ma’lumotlar bazalari, algoritmlar va sun’iy intellekt tizimlari orqali ko‘rsatilmoqda. Xotin-qizlarning AT va SI sohasida mutaxassis sifatida shakllanishi ularning kelajakda davlatning raqamli transformatsiyasi jarayonida ishtirok etish imkoniyatlarini kengaytiradi. ham mazkur yo‘nalishning davlat boshqaruvi uchun ahamiyatini ko‘rsatadi.

Shunday ekan, AT va SI sohasida bilimga ega xotin-qizlar kelajakda davlat boshqaruvida raqamli loyihalarni ishlab chiqish, ma’lumotlar tahlili, elektron davlat xizmatlari, SI asosidagi qarorlarni qo‘llab-quvvatlash tizimlari va raqamli transformatsiya jarayonlarida faol ishtirok etishi mumkin. O‘rganilgan huquqiy va amaliy mexanizmlar asosida xotin-qizlarni AT va sun’iy intellekt sohasiga jalb qilishni yanada kuchaytirish uchun quyidagi takliflarni ilgari surish mumkin:



2-rasm. Xotin-qizlarni AT va SI sohalarida bandligini ta’minlashga qaratilgan takliflar

Xulosa

Xotin-qizlarni qo‘llab-quvvatlash faqatgina ularning ijtimoiy himoyasini ta’minlash bilangina cheklanmay, inson kapitalini rivojlantirish, ta’lim va kasbiy

imkoniyatlarini kengaytirish, bandlik va tadbirkorlikni qo‘llab-quvvatlash, ilmiy-innovatsion faoliyatga jalb qilish hamda davlat boshqaruvidagi rolini kuchaytirishni ham qamrab oladi. Mazkur jarayonda axborot texnologiyalari, sun’iy intellekt sohasi xotin-qizlarning zamonaviy iqtisodiyotdagi ishtirokini kengaytirish uchun istiqbolli yo‘nalishlardan biri hisoblanadi. AT va SI sohasidagi imkoniyatlar xotin-qizlarga yangi kasbiy yo‘nalishlarni egallash, masofaviy ishlash, frilanserlik va tadbirkorlik faoliyati bilan shug‘ullanish, ilmiy-tadqiqot va innovatsion loyihalarni amalga oshirish imkonini berishi mumkin. Shu sababli xotin-qizlarni zamonaviy kasblarga jalb qilishni faqat bandlik masalasi sifatida emas, balki gender tengligi, ijtimoiy farovonlik, samarali davlat boshqaruvini ta’minlashning o‘zaro bog‘liq yo‘nalishi sifatida ko‘rib chiqish maqsadga muvofiqdir.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘RQ-562 – “Xotin-qizlar va erkaklar uchun teng huquq hamda imkoniyatlar kafolatlari to‘g‘risida”.

2. “O‘zbekiston – 2030” strategiyasi, xotin-qizlarning ijtimoiy, iqtisodiy, siyosiy faolligi va boshqaruvdagi ulushini oshirish.

3. 145-son VM qarori – “Xotin-qizlar muammolarini o‘rganish va hal etish tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”

4. PQ-358 – “Sun’iy intellekt texnologiyalarini 2030-yilgacha rivojlantirish strategiyasi”

5. PF-141 – “Raqamli texnologiyalar sohasida strategik rejalashtirish hamda ushbu sohada davlat nazorati yanada takomillashtirilishi munosabati bilan O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining ayrim hujjatlariga o‘zgartirish va qo‘shimchalar kiritish to‘g‘risida”

6. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2024-yil 7-fevraldagi PF-34-son Farmoni. “Zulfiya nomidagi Davlat mukofotini ta’sis etish bo‘yicha takliflarni qo‘llab-quvvatlash to‘g‘risida”gi Farmonga axborot texnologiyalari yo‘nalishida alohida yutuqlarga erishgan iqtidorli qizlarni qo‘llab-quvvatlashga qaratilgan o‘zgartirishlar kiritish haqida.

7. PF-87 – “Oila va xotin-qizlarni tizimli qo‘llab-quvvatlashga doir ishlarni yanada jadallashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”

OLIY TA’LIMDA TALABALARNING MUSTAQIL TA’LIMINI TASHKIL ETISHDA SUN’IY INTELLEKTDAN FOYDALANISH

M.X.Abduraxmanov
Samarqand davlat pedagogika instituti, “Informatika” kafedrasi dotsenti
muxtorabduraxmonov85@gmail.com

Annotatsiya. Maqolada oliy ta’limda talabalarning mustaqil ta’limini tashkil etishda sun’iy intellektdan foydalanish imkoniyatlari va muhim jihatlari yoritilgan. Sun’iy intellektning o‘quv materiallarini tushuntirish, topshiriqlar

tayyorlash, bilimlarni mustahkamlash va talabalarga tezkor fikr-mulohaza berishdagi o‘rni ko‘rib chiqilgan. Shuningdek, axborotning ishonchliligi, akademik halollik va shaxsiy ma’lumotlarni himoya qilish bo‘yicha sodda amaliy tavsiyalar berilgan.

Kalit so‘zlar: sun’iy intellekt, oliy ta’lim, talaba, mustaqil ta’lim, raqamli savodxonlik, axborot xavfsizligi, akademik halollik.

Kirish

Sun’iy intellekt (SI) texnologiyalarining rivojlanishi oliy ta’limda o‘qitish va o‘rganish usullariga yangi imkoniyatlarni olib kirmoqda. Bugungi kunda talabalar SI vositalaridan mavzuni tushunish, murakkab tushunchalarga izoh olish, amaliy topshiriqlarni rejalashtirish va o‘z bilimlarini tekshirish uchun foydalanishlari mumkin. Biroq texnologiyadan samarali foydalanish tayyor javobni ko‘chirib olish bilan cheklanmasligi, balki mustaqil fikrlash va bilimni chuqur o‘zlashtirishga xizmat qilishi kerak.

Maqolaning maqsadi – oliy ta’limda talabalarning mustaqil ta’limini qo‘llab-quvvatlashda sun’iy intellektning imkoniyatlarini ko‘rsatish hamda undan xavfsiz va mas’uliyatli foydalanish bo‘yicha tavsiyalar berish. Maqola ilmiy-uslubiy manbalar va xalqaro tavsiyalarni tahlil qilish hamda umumlashtirish asosida tayyorlandi.

Sun’iy intellektning talabalar mustaqil ta’limidagi imkoniyatlari

Sun’iy intellekt talabalarga o‘quv materialini turli usulda tushuntirish, misollar keltirish, mavzu bo‘yicha savollar tuzish va bilimlarni mustahkamlashda yordam berishi mumkin. Masalan, talaba murakkab tushunchani sodda tilda izohlashni, mavzu bo‘yicha qo‘shimcha mashqlar tuzishni yoki o‘z javobidagi noaniq joylarni ko‘rsatishni so‘rashi mumkin. Bu imkoniyatlar, ayniqsa, mustaqil tayyorgarlik vaqtida foydalidir.

Bundan tashqari, Sun’iy intellekt o‘quv materialini talabaning ehtiyojiga mos ravishda qayta bayon qilish, bir mavzuga doir turli misollar taklif etish va o‘zlashtirilmagan qismlarni aniqlashga ko‘maklashishi mumkin. Talaba undan “javobni ber” deb emas, balki “yechim bosqichlarini tushuntir”, “yana bir misol keltir” yoki “mening izohimdagi xatoni ko‘rsat” kabi aniq maqsadli so‘rovlar orqali foydalansa, o‘rganish jarayoni faolroq kechadi.

Dasturlash fanida sun’iy intellekt dastur kodini izohlash, algoritm tuzish bosqichlarini tushuntirish, ehtimoliy xatolarni topishga yo‘naltirish va turli yechimlarni taqqoslashda yordam beradi. Masalan, Python dasturida xatolik yuzaga kelganda talaba sun’iy intellekt vositasidan xatolik sababini tushuntirishni so‘rashi, so‘ng taklif etilgan yechimni kompyuterda sinab ko‘rishi mumkin. Biroq kodni shunchaki ko‘chirib olish emas, uning ishlash tamoyilini tushunish va natijani amalda tekshirish muhim.

Sun’iy intellekt yordamida mustaqil ish yoki loyiha rejasining dastlabki variantini tuzish, mavzuga oid savollar ishlab chiqish va matnni tahrirlash ham mumkin. Bunday vaziyatda talaba olingan materialni fan talablari bilan

solishtirishi, mazmunini mustaqil qayta ishlashi va ishlatilgan manbalarni tekshirishi kerak. Yakuniy ish talabaning o‘z bilim va tahliliga asoslanishi lozim.

Sun’iy intellektdan foydalanishdagi muammolar

Sun’iy intellekt vositalari har doim ham to‘g‘ri ma’lumot bermaydi. Ba’zan javobda xato faktlar, noto‘g‘ri izohlar yoki mavjud bo‘lmagan manbalar uchrashi mumkin. Bu holat talaba uchun ayniqsa kurs ishi hamda bitiruv malakaviy ish tayyorlashda muhimdir, chunki noto‘g‘ri ma’lumot xulosaning ishonchliligini pasaytiradi. Shuning uchun olingan ma’lumotni darsliklar, ilmiy maqolalar va ishonchli rasmiy manbalar bilan tekshirish lozim.

Yana bir muhim masala – akademik halollik. Sun’iy intellekt yordamida tayyorlangan matnni o‘zining mustaqil ishi sifatida o‘zgartirmasdan topshirish talabaning haqiqiy bilimini aniqlashni qiyinlashtiradi. Shu sababli sun’iy intellekt yordamidan foydalanish oliy ta’lim muassasasi va fan o‘qituvchisi belgilagan qoidalarga muvofiq bo‘lishi kerak. Talaba sun’iy intellekt bergan javobni tahlil qilishi, o‘z xulosasini shakllantirishi va zarur bo‘lsa, ushbu vositadan foydalanganini ko‘rsatishi lozim.

Sun’iy intellektga haddan tashqari tayanish mustaqil fikrlash, muammoni yechish va qaror qabul qilish ko‘nikmalarining rivojlanishiga salbiy ta’sir qilishi mumkin. Buning oldini olish uchun avval topshiriqni mustaqil bajarishga urinish, keyin sun’iy intellekt yordamidan foydalanish va so‘ng natijani tekshirish tavsiya etiladi. Bu usul talabaga texnologiyadan tayyor javob olish uchun emas, balki o‘z bilimini rivojlantirish uchun foydalanishni o‘rgatadi.

Axborot xavfsizligi va mas’uliyatli foydalanish

Sun’iy intellekt xizmatlaridan foydalanishda shaxsiy va maxfiy ma’lumotlarni himoya qilish zarur. Talabalar parollar, shaxsiy hujjatlar, boshqa insonlarning shaxsiy ma’lumotlari yoki ta’lim muassasasiga tegishli maxfiy hujjatlarni ochiq Sun’iy intellekt tizimlariga kiritmasliklari kerak. Xizmatning maxfiylik shartlarini o‘rganish va muassasaning axborot xavfsizligi qoidalariga amal qilish muhim.

UNESCO tavsiyalarida generativ Sun’iy intellekt vositalaridan foydalanishda inson manfaatlarini ustuvor qo‘yish, ma’lumotlar maxfiyligini himoya qilish va natijalarni tanqidiy baholash zarurligi ta’kidlanadi [1]. Yevropa Komissiyasi ham ta’limda Sun’iy intellekt va ma’lumotlardan foydalanishda etik me’yorlar hamda pedagogik maqsadga muvofiqlikni hisobga olishni tavsiya qiladi. Bu yondashuvlar Sun’iy intellekt vositalaridan foydalanish texnik ko‘nikma bilan cheklanmasligi, balki mas’uliyatli qaror qabul qilishni ham talab etishini ko‘rsatadi.

Talabalar uchun bir nechta qoida muhim: Sun’iy intellekt bergan ma’lumotni ishonchli manbadan tekshirish; maxfiy ma’lumotlarni kiritmaslik; tayyor javobni ko‘r-ko‘rona qabul qilmaslik; topshiriq talablariga amal qilish; Sun’iy intellekt vositalari yordamidan foydalanilgan bo‘lsa, zarur hollarda buni ochiq ko‘rsatish. Ushbu qoidalar raqamli savodxonlik va mas’uliyatli foydalanish madaniyatini rivojlantiradi.

Oliy ta’lim muassasasi va pedagogning vazifalari

Oliy ta’lim muassasalarida sun’iy intellekt vositalaridan foydalanish bo‘yicha aniq va tushunarli tavsiyalar ishlab chiqilishi lozim. Ularda qaysi topshiriqlarda Sun’iy intellekt yordamidan foydalanish mumkinligi, foydalanishni qanday qayd etish va talabaning mustaqil hissasi qanday baholanishi belgilanishi maqsadga muvofiq. Bu talabalar uchun qoidalarni tushunarli qiladi va baholashdagi noaniqliklarni kamaytiradi.

Pedagog talabalarga sun’iy intellekt vositalarining imkoniyatlari bilan birga cheklovlarini ham tushuntirishi kerak. Masalan, sun’iy intellekt yaratgan javobni tahlil qilish, xatolarini aniqlash, manbalar bilan solishtirish va xulosani asoslashga qaratilgan topshiriqlar samarali bo‘lishi mumkin. Baholashda faqat yakuniy matn emas, balki talabaning fikrlash jarayoni, amaliy natijasi va o‘z qarashini himoya qila olishi ham hisobga olinishi kerak.

Shuningdek, pedagoglar sun’iy intellekt yordamida tayyorlangan topshiriqlarni darsning maqsadiga mos tanlashi va talabalarning mustaqil ishlashiga imkon berishi zarur. Masalan, talaba sun’iy intellekt tavsiya qilgan ikki yechimni taqqoslab, qaysi biri to‘g‘riroq ekanini dalillar bilan tushuntirishi mumkin. Bunday vazifalar texnologiyadan foydalanish bilan birga tahlil qilish va asoslash ko‘nikmalarini ham rivojlantiradi.[2]

Xulosa

Xulosa qilib aytganda, sun’iy intellekt oliy ta’limda talabalarning mustaqil ta’limini qo‘llab-quvvatlash, murakkab mavzularni tushunish, mashqlar tayyorlash va bilimlarni mustahkamlash uchun foydali imkoniyatlarga ega. Shu bilan birga, uning javoblari xato bo‘lishi, maxfiylikka oid xavflar yuzaga kelishi va texnologiyaga ortiqcha tayanish mustaqil fikrlashni susaytirishi mumkin.

Shuning uchun sun’iy intellekt vositalaridan maqsadli, tanqidiy va mas’uliyatli foydalanish zarur. Talaba olingan ma’lumotni tekshirishi, akademik halollikka amal qilishi va yakuniy ish uchun shaxsiy mas’uliyatni saqlashi lozim. Oliy ta’lim muassasalarida sun’iy intellekt savodxonligini oshirish va aniq foydalanish qoidalarini belgilash texnologiyadan ta’limiy maqsadlarda samarali foydalanishga yordam beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Miao F., Holmes W. Guidance for Generative AI in Education and Research. Paris: UNESCO, 2023. https://www.unesco.org/en/articles/guidance-generative-ai-education-and-research

2. European Commission. Ethical guidelines on the use of artificial intelligence (AI) and data in teaching and learning for educators. Luxembourg, 2022. https://education.ec.europa.eu/news/ethical-guidelines-on-the-use-of-artificial-intelligence-and-data-in-teaching-and-learning-for-educators

SUN’IY INTELLEKTNING ATROF-MUHIT MONITORINGIDAGI IMKONIYATLARI

Rustamov Jamshid Ergashevich
Samarqand iqtisodiyot va servis instituti dotsenti e-mail:
rustamovjam7@gmail.com

1. Kirish

Mavzuning dolzarbligi. Zamonaviy dunyoda iqlim o‘zgarishi, sanoat chiqindilarining ko‘payishi, atmosfera havosining ifloslanishi, suv resurslarining tanqisligi hamda biologik xilma-xillikning qisqarishi kabi global va mintaqaviy ekologik muammolar tobora keskin tus olmoqda. Barqaror rivojlanish va "yashil iqtisodiyot"ga o‘tish sharoitida atrof-muhit holatini uzluksiz, aniq va tezkor baholash, xavf-xatarlarni barvaqt aniqlash dolzarb vazifalardan biri hisoblanadi. An’anaviy ekologik monitoring usullari ko‘pincha laboratoriya tahlillarining sekinligi, ma’lumotlarning tarqoqligi, hududiy qamrovning cheklanganligi va inson omiliga bog‘liqligi sababli real vaqt rejimida qaror qabul qilish talablariga to‘liq javob bera olmayapti. Bunday sharoitda sun’iy intellekt (SI), mashinaviy o‘rgatish (ML), Katta ma’lumotlar (Big Data) va Narsalar interneti (IoT) texnologiyalarining integratsiyalashuvi ekologik monitoring tizimlarida tub burilish yasash imkoniyatini taqdim etadi.

Mavjud muammo. O‘zbekiston Respublikasi va Markaziy Osiyo mintaqasida antropogen bosimning ortishi natijasida havo, suv va tuproq resurslarining ifloslanishi, shuningdek, Orolbo‘yi hududida cho‘llanish jarayonlarining jadallashuvi kuzatilmoqda. Xususan, Toshkent shahrida mayda dispers zarralar (PM2.5, PM10) kontsentratsiyasining ortishi hamda respublika bo‘yicha atmosfera havosiga tashlanayotgan sanoat va transport chiqindilarining o‘sishi kuzatilgan. Hozirgi kunga qadar amaliyotda qo‘llanilayotgan ekologik baholash metodologiyalari ko‘proq empirik va statistik yondashuvlarga tayanib kelayotgani sababli, murakkab geofazoviy va ko‘p yillik dinamik jarayonlarni yuqori aniqlikda bashorat qilish imkoniyati cheklangan edi.

Tadqiqotning maqsadi. Ushbu tadqiqotning maqsadi yuklangan ilmiy manbalar va empirik ma’lumotlar tizimi asosida sun’iy intellekt hamda Big Data texnologiyalarining atrof-muhit monitoringidagi imkoniyatlarini har tomonlama tahlil qilish, havo, suv, chiqingilarni boshqarish va bioxilma-xillikni muhofaza qilish bo‘yicha SI modellarining samaradorligini va aniqligini baholashdan iborat.

Tadqiqot vazifalari:

1. Ekologik monitoring sohasida sun’iy intellekt, neyron tarmoqlari va Big Data vositalarining qo‘llanilish yo‘nalishlarini tizimlashtirish.

2. Toshkent shahri misolida atmosfera havosi ifloslanishini va mayda dispers zarralar (PM2.5, PM10) hamda oltingugurt dioksidi (SO_2) tarqalishini bashorat qiluvchi SI modellarining (masalan, CNN-LSTM) aniqligini baholash.

3. Suv resurslari, chiqingilarni oqilona boshqarish (Smart Waste Management) va ekotizimlarni (o‘rmonlar, dengiz va florani) masofadan kuzatishda SI va IoT texnologiyalarining empirik natijalarini o‘rganish.

4. Sun’iy intellekt texnologiyalarini joriy etishdagi axloqiy, huquqiy va texnik muammolar hamda energiya sarfi (uglerod izi) xatarlarini tahlil qilish.

Ilmiy yangiligi. Tadqiqotda ko‘p yillik meteorologik va ekologik ma’lumotlar bazasi asosida gibrid **CNN-LSTM** (Convolutional Neural Network - Long Short-Term Memory) va **Gauss** dispersiya algoritmlarini geofazoviy (GIS) va IoT tizimlari bilan integratsiyalash orqali atmosfera havosidagi zaharli moddalar tarqalishini 90–93% aniqlikda bashorat qilish metodikasi asoslab berilgan. Shuningdek, xalqaro va milliy tajribalar sintezi asosida avtomatlashtirilgan real vaqt rejimli ekologik monitoring platformasining konseptual arxitekturasi ko‘rib chiqilgan.

2. Metodlar

Tadqiqot obyekti va predmeti. Tadqiqot obyekti sifatida ekologik monitoring tizimlari, masofadan zondlash (Sentinel-2, HRAI), avtomatik stasionar va mobil monitoring postlari hamda shahar va hududiy ekotizimlar (Toshkent shahri, Xorazm, Buxoro, Qoraqalpog‘iston, shuningdek xalqaro keys-tadqiqotlar) olingan. Tadqiqot predmeti – atrof-muhit ko‘rsatkichlarini yig‘ish, qayta ishlash, klassifikatsiyalash va bashorat qilishda qo‘llaniladigan sun’iy intellekt algoritmlari, mashinaviy o‘rgatish modellari va Big Data analitik vositalaridir.

Ma’lumotlarni yig‘ish va guruhlash metodlari. Tadqiqotda bir nechta manbalardan kelib tushadigan katta hajmdagi ma’lumotlar agregatsiya qilindi:

- *Sensorlar va IoT tarmoqlari:* Toshkent shahri bo‘yicha 13 dan ortiq avtomatlashtirilgan havo sifati monitoringi stansiyalari hamda 50 dan ortiq stasionar postlardan olingan real vaqt rejimidagi ma’lumotlar;
- *Masofadan zondlash va aerofotosuratlar:* Sentinel-2 va sun’iy yo‘ldosh tasvirlari hamda yuqori aniqlikdagi aerofotosuratlar (HRAI, 0.1–0.5 m);
- *Bioakustika va kameratuzoqlar:* Bioxilma-xillik va noqonuniy ovchilik / daraxt kesishni aniqlash uchun audio-sensorlar va dron tasvirlari.

Data Science va Mashinaviy o‘rgatish (ML) algoritmlari. Ma’lumotlarni qayta ishlash va ekologik jarayonlarni modellashtirishda quyidagi matematik va dasturiy usullardan foydalanildi:

1. **CNN-LSTM Gibrid Neyron Tarmog‘i:** Fazo xususiyatlarini ajratib olish (CNN) va vaqtli qatorlar (Time Series) bog‘liqliklarini modellashtirish (LSTM) imkonini beradi. Model RMSE (Root Mean Square Error), MAE va MAPE metrikalari bo‘yicha baholandi:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(\hat{y}_i - y_i)^2}$$

2. **Klassik ML va Statistik Modellar:** Random Forest (RF), Support Vector Regression (SVR), Extreme Random Forest (ERF), ARIMA va Mann-Kendall trend testi.

3. **Geofazoviy va Vizual Analiz:** Geofazoviy axborot tizimlari (GIS), GeoData API, Matplotlib va Heatmap interpolyatsiyalari orqali ifloslanish xaritalarini tuzish.

4. **Katta ma'lumotlarni oqimli qayta ishlash:** Apache Spark distributed ekotizimi va SQL ma'lumotlar bazasini boshqarish tizimlari (DBMS) orqali ko'p yillik ma'lumotlar bazasini shakllantirish.

3. Natijalar

3.1. Atmosfera havosi sifati va ifloslantiruvchi moddalar dinamikasi monitoringi

Toshkent shahri va O'zbekiston hududlari bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, 2018–2023 yillarda atmosfera havosiga tashlanayotgan zararlari moddalar hajmi 14% ga ortgan (1.65 million tonnadan 1.90 million tonnagacha). Toshkent shahrida 2023 yilda mayda dispers zarralari (PM2.5) bo'yicha o'rtacha yillik ko'rsatkich (32 $\mu g/m^3$) ni tashkil etib, Jahon Sog'liqni Saqlash Tashkiloti (JSST) tavsiya etgan me'yordan (40 $\mu g/m^3$) 3 baravardan ziyod yuqori ekani aniqlandi.

PM2.5 zarralarining paydo bo'lish manbalari bo'yicha o'tkazilgan tahlil natijalari quyidagi ulushlarni ko'rsatdi:

- Shamol va tabiiy changlar – **36%**;
- Uy-joy va tijorat isitish tizimlari (ayniqsa qish mavsumida ko'mir va mazut yoqilishi) – **29%**;
- Barcha turdagi transport vositalari – **16%**;
- Yengil sanoat – **7%**;
- Og'ir sanoat – **6%**;
- Chang – **6%**;
- Chiqindilarni yoqish – **1%**.

Toshkent shahridagi 13 ta havo sifati stansiyalarining 2012–2024 yillardagi ko'p yillik ma'lumotlari bazasi (BGU 1657 va DGU 44287 reestri) asosida yaratilgan **CNN-LSTM** bashoratlash modeli boshqa an'anaviy modellar bilan taqqoslanganda yuqori aniqlik ko'rsatdi:

MODEL TURI	BASHORAT QILISH ANIQLIGI (%)	METODOLOGIK XUSUSIYATI
CNN-LSTM (GIBRID)	**90 – 93 %**	Fazo va vaqtli kechikishlarni optimal birlashtiradi
RANDOM FOREST (RF)	**80 – 84 %**	Ko'p parametrli daraxatsimon klasifikatsiya
LSTM (STANDART)	**80 – 85 %**	Vaqtli qatorlar ketma-ketligini modellashtirish

LSTM va CNN-LSTM modellari yordamida o'tkazilgan bashoratlarga ko'ra, joriy tendensiya va isitish/sanoat yuklamasi saqlanib qolgan taqdirda,

Toshkent shahrida PM2.5 ning o‘rtacha yillik kontsentratsiyasi 2028 yilga borib 40 $\mu g/m^3$ darajasiga yetishi mumkin.

3.2. Suv resurslari, tuproq va Smart Waste Management tizimlari

Suv va tuproq monitoringi. O‘zbekiston bo‘yicha sirtqi suv resurslarining taxminan 30% ifloslangan deb baholanib, eng kritik holat Amudaryoning quyi oqimida kuzatilgan (ifloslantiruvchi moddalar me’yordan 1.5–2 baravar yuqori). Xorazm viloyatida IoT sensorlari va real vaqt rejimli ma’lumotlar analitikasi asosida o‘tkazilgan pilot loyiha kanallarda nitratlar miqdorining anomaliyasini tezkor aniqlash va bartaraf etish imkonini berdi. Qoraqalpog‘iston Respublikasida esa Sentinel-2 sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari hamda klasterizatsiya algoritmlari yordamida tuproq degradatsiyasiga uchragan zonalar aniq xaritalashtirildi.

Chiqindilarni oqilona boshqarish (Smart Waste Management). Big Data va Mashinaviy o‘rgatish integratsiyasi chiqindi yig‘ish logistikasini keskin yaxshiladi. Chiqindi qutilariga o‘rnatilgan IoT sensorlari va random forest hamda neyron tarmoqlar asosida o‘tkazilgan tahlillar:

- Chiqindi to‘planish darajasini **85% dan yuqori aniqlikda** bashorat qildi;
- Maxsus transport vositalari yo‘nalishlarini (route optimization) dinamik maqbullashtirish orqali yoqilg‘i sarfi va yo‘l vaqtini **30% ga qisqartirdi**;
- Kompyuterli ko‘rish (CV) va CNN modellaridan foydalanib chiqindilarni avtomatik saralash va qayta ishlash samaradorligi oshirildi.

3.3. Bioxilma-xillik, iqlim o‘zgarishi va xalqaro tajriba

Xalqaro amaliyotda SI vositalarining samaradorligi quyidagi empirik natijalar bilan tasdiqlangan:

- *Bioxilma-xillik muhofazasi:* Kolumbiyada Microsoft AI for Good Lab va CinfonIA tomonidan amalga oshirilgan **Project Guacamaya** loyihasi sun’iy yo‘ldosh, kameratuzoq va bioakustik ma’lumotlarni birlashtirib, Amfaza o‘rmonlarining kesilishini tezkor aniqlash imkonini berdi. **Wildbook** tizimi ML va kompyuterli ko‘rish orqali yo‘yo‘lib ketish xavfi ostidagi hayvonlarni individual tanib oladi.
- *Havo va energiyani tejash:* **Google DeepMind** mustahkamlash orqali o‘rgatish (Reinforcement Learning) algoritmlaridan foydalanib, ma’lumotlar markazlarini (Data Center) sovutish energiyasini **40% ga qisqartirdi**. **IBM Green Horizon** loyihasi esa Katta ma’lumotlar analitikasi orqali havo ifloslanishini 72 soat oldindan bashorat qilish imkonini berdi.
- *Xalqaro platformalar:* Xitoyda 1.5 milliondan ortiq sensorlarni birlashtirgan milliy ekologik monitoring platformasi, Yevropa Ittifoqida Copernicus sun’iy yo‘ldosh monitoring tizimi faoliyat ko‘rsatmoqda.

4. Muhokama

Natijalar tahlili va ilmiy-amaliy ahamiyati. Olingan natijalar ko‘rsatadiki, sun’iy intellekt va Big Data texnologiyalarining ekologik monitoringga integratsiya qilinishi reaktiv (voqea sodir bo‘lgandan keyin choralar ko‘rish) yondashuvdan **proaktiv (oldindan ko‘ra bilish va ogohlantirish)** modeliga o‘tishni ta’minlaydi. Toshkent shahrida joriy etilgan CNN-LSTM modeli, Gauss

dispersiyasi hamda Apache Spark oqimli qayta ishlash platformasi ma’lumot tahlili vaqtini bir necha soatdan bir necha daqiqagacha qisqartirib, favqulodda ifloslanish davrida sanoat korxonalari faoliyatini vaqtincha cheklash yoki transport oqimini qayta yo‘naltirish bo‘yicha operativ qarorlar qabul qilishga zamin yaratdi.

Boshqa tadqiqotlar bilan taqqoslash. O‘zbekiston sharoitida olingan 90–93% bashorat aniqligi ko‘rsatkichi xalqaro darajadagi tadqiqotlar natijalariga mos keladi (masalan, Melburn shahrida MyAQI LSTM modeli 90–96% aniqlik ko‘rsatgan). Shu bilan birga, empirik statistik modellarga nisbatan (masalan, faqat Mann-Kendall yoki oddiy chiziqli regressiya) SI modellarining afzalligi noaniq va ko‘p omilli iqlimiy-antropogen bog‘liqliklarni o‘zida aks ettira olishidir.

Muammolar, texnologik va axloqiy xatarlar. Sun’iy intellektning katta imkoniyatlariga qaramay, uni keng joriy etishda bir qator jiddiy to‘siqlar va xatarlar mavjud:

1. *Algoritmlarning energiya va uglerod izi:* SI va chuqur o‘rgatish modellarini (ayniqsa LLM va katta neyron tarmoqlarini) o‘rgatish katta hisoblash quvvati va elektr energiyasini talab etadi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, NLP sohasidagi bitta yirik SI modelini o‘rgatish **284 tonnadan ortiq \(CO_2\) ekvivalenti** emissiyasini ajratishi mumkin. Ushbu masalani hal etish uchun *Carbontracker* va *Green AI* texnologiyalaridan foydalanish talab etiladi.
2. *Raqamli tengsizlik va infratuzilma cheklovlari:* Rivojlanayotgan mamlakatlarda, jumladan O‘zbekistonning chekka hududlarida yuqori quvvatli bulutli serverlar, IoT sensorlar tarmog‘i hamda Big Data bo‘yicha malakali ekspertlarning yetishmasligi kuzatilmoqda.
3. *Algoritmik tarafkashlik va ma’lumotlar konfidensialligi:* Sensor va geofazoviy ma’lumotlarni yig‘ishda axloqiy me’yorlarga hamda shaxsiy va milliy ma’lumotlar xavfsizligiga rioya etish lozim.

5. Xulosa

1. Sun’iy intellekt va Big Data texnologiyalari atrof-muhit monitoringini avtomatlashtirish, katta hajmdagi real vaqt ma’lumotlarini tezkor qayta ishlash hamda ekologik xavf-xatarlarni barvaqt aniqlashda hal qiluvchi omil hisoblanadi.
2. Toshkent shahri havo sifati ma’lumotlari bo‘yicha ishlab chiqilgan gibrid **CNN-LSTM** modeli atmosfera havosidagi zaharli moddalar (PM2.5, PM10, SO_2, NO_2) tarqalishini **90–93% aniqlikda** bashorat qilish imkonini berdi, bu esa an’anaviy va bir omilli modellardan sezilarli darajada ustundir.
3. Big Data va IoT integratsiyasi suv resurslarini muhofaza qilish, tuproq degradatsiyasini aniqlash hamda Smart Waste Management tizimlarida chiqindi tashish yo‘nalishlarini maqbullashtirish orqali yoqilg‘i sarfini **30% ga kamaytirish** imkonini beradi.
4. SI tizimlarining samaradorligi uning yuqori energiya va uglerod izi (Carbon Footprint) hamda infratuzilma xarajatlari bilan cheklanadi; shuning uchun "yashil algoritmlar" va barqaror SI (Sustainable AI) tamoyillariga rioya qilish zarur.

Amaliy tavsiyalar:

1. *Yagona milliy ekologik monitoring platformasini yaratish:* O‘zbekistonda O‘zgidromet, Ekologiya vazirligi, IoT sensorlar tarmoqlari va Sentinel sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlarini bir joyga jamlaydigan Katta ma’lumotlar va SI bazasidagi yagona integratsiyalashgan platformani joriy etish.
2. *Kadrlar tayyorlash va ilmiy salohiyatni oshirish:* OTMlarda (masalan, Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti va Alfraganus universiteti) ekologik ma’lumotlar tahlili (Environmental Data Science) va SI bo‘yicha ixtisoslashtirilgan o‘quv dasturlarini rivojlantirish.
3. *Energiya tejamkor va yashil AI algoritmlarini qo‘llash:* Ekologik monitoring dasturiy ta’minotini ishlab chiqishda Carbontracker vositalarini joriy etish va bulutli hisoblash markazlarini qayta tiklanadigan energiya manbalariga o‘tkazish.
4. *Sanoat va transport nazoratini avtomatlashtirish:* Yirik sanoat korxonalarida yuqori samarali filtrlash tizimlarini IoT sensorlar bilan ta’minlash hamda shahar transport oqimlarini havo sifati indeksi (AQI) bashoratlari asosida avtomatik boshqarish.

6. Foydalanilgan adabiyotlar

1. Abdurahmonov, S., & To‘xtasinov, A. (2019). Sun’iy intellekt texnologiyalarining atrof-muhit monitoringida qo‘llanilishi. *O‘zbekiston Fanlar Akademiyasi Axborotnomasi*, 3(89), 112–120.
2. Donayeva, A. (2025). Sun'iy intellektning ekologik monitoringdagi roli: yutuqlar, muammolar va istiqbollar. *Samarali Ta'lim va Barqaror Innovatsiyalar Jurnali*, 3(5), 1316–1328.
3. Donti, P. L., & Kolter, J. Z. (2021). Machine learning for sustainable energy systems. *Annual Review of Environment and Resources*, 46, 719–747. https://doi.org/10.1146/annurev-environ-020220-061831
4. Javed, A. (2025). The role of data science in environmental monitoring: Leveraging big data for sustainability. *Algorithms and Intelligence*, 1(3), 1–12.
5. Malikov, Sh. Sh. (2025). Big Data va analitika ekologik monitoring uchun. *Marketing Jurnali*, 5, 26–34

EKOLOGIK MA’LUMOTLARNI YIG‘ISH VA TAHLIL QILISH TEXNOLOGIYALARI

Rustamov Jamshid Ergashevich
Samarqand iqtisodiyot va servis instituti dotsenti e-mail:
rustamovjam7@gmail.com

Mavzuning dolzarbligi. Zamonaviy dunyoda iqlim o‘zgarishi, sanoat korxonalari va avtotransport vositalari tashlamalarining ortishi, suv resurslarining yetishmovchiligi hamda tuproq degradatsiyasi kabi murakkab ekologik muammolar barqaror rivojlanish va "yashil iqtisodiyot"ga o‘tish yo‘lida eng

asosiy to‘siqlardan biri hisoblanadi. Atrof-muhit holatini an’anaviy laboratoriya tahlillari va qo‘lda o‘lchash usullari bilan kuzatish ma’lumotlarning tarqoqligi, hududiy va vaqtinchalik cheklanganligi hamda sekinligi sababli real vaqt rejimida operativ qarorlar qabul qilish talablariga to‘liq javob bera olmayapti. Bunga javoban, axborot-kommunikatsiya texnologiyalari, Narsalar interneti (IoT), Katta ma’lumotlar (Big Data) va Sun’iy intellekt (SI) vositalarining tezkor rivojlanishi ekologik ma’lumotlarni uzluksiz yig‘ish hamda chuqur tahlil qilishning mutlaqo yangi raqamli paradiqmasini shakllantirdi.

Mavjud muammo. Ekologik ma’lumotlar o‘zining kelib chiqish manbalari bo‘yicha o‘ta heterogen (har xil formatli, har xil fazoviy piksel va vaqtinchalik chastataga ega) bo‘lib, ularning doimiy oqim shaklida shakllanishi an’anaviy ma’lumotlar bazalarida qayta ishlash murakkabligini keltirib chiqaradi. O‘zbekiston sharoitida (xususan, Toshkent shahri hamda Qoraqalpog‘iston, Buxoro, Navoiy va Xorazm viloyatlarida) sanoat va mobil manbalardan chiqarilayotgan zaharli moddalar (PM2.5, PM10, SO_2, NO_x) hamda suv va tuproq degradatsiyasi ko‘rsatkichlarini yagona raqamli platforma doirasida integratsiyalashgan holda yig‘ish, saqlash va tahlil qilish tizimining cheklanganligi dolzarb muammo bo‘lib qolmoqda.

Tadqiqotning maqsadi. Ushbu tadqiqotning maqsadi ekologik ma’lumotlarni yig‘ishning zamonaviy usullari (IoT sensor tarmoqlari, avtomatik stansiyalar, masofadan zondlash) va ularni intellektual tahlil qilish (Big Data distributed computing, gibrid mashinaviy o‘rgatish hamda GIS texnologiyalari) imkoniyatlarini ilmiy va empirik manbalar asosida tahlil qilish, shuningdek, ekologik jarayonlarni bashoratlash aniqligini baholashdan iborat.

Tadqiqot vazifalari:

1. Ekologik ma’lumotlarni yig‘ishning zamonaviy manbalari va texnologik vositalarini (IoT, Sentinel/Landsat DZZ, aerofotosuratlar, bioakustika) tizimlashtirish.
2. Katta hajmdagi ekologik ma’lumotlarni qayta ishlash platformalari (Hadoop, Apache Kafka, Apache Spark) va saqlash arxitekturasining samaradorligini o‘rganish.
3. Mashinaviy o‘rgatish (CNN-LSTM, Random Forest, SVR) va Gauss dispersiya modellari yordamida havo, suv va tuproq parametrolarini tahlil qilish va ularning aniqlik metrikalarini (RMSE, AQI) baholash.
4. Ekologik ma’lumotlar tahlilidagi texnik cheklovlar, ma’lumotlar sifati, kadrlar yetishmovchiligi hamda etik va energiya (uglerod izi) xatarlarini tadqiq etish.

Ilmiy yangiligi. Avtomatlashtirilgan IoT sensor tarmoqlari, GIS va sun’iy yo‘ldosh (Sentinel-2) ma’lumotlarini Apache Spark va gibrid **CNN-LSTM** chuqur o‘rgatish algoritmlari bilan integratsiyalash orqali ekologik ko‘rsatkichlarni real vaqt rejimida qayta ishlash hamda atmosfera havosidagi zaharli moddalar tarqalishini **90–93% aniqlikda** bashorat qilish imkonini beruvchi texnologik va ma’lumotlar arxitekturasi ilmiy jihatdan asoslab berilgan.

2. Metodlar

Tadqiqot obyekti va predmeti. Tadqiqot obyekti sifatida ekologik ma'lumotlarni yig'ish subyektlari (stasionar va avtomatlashtirilgan havo va suv monitoringi stansiyalari, Sentinel va Landsat sun'iy yo'ldosh tizimlari) va hududiy ekologik obyektlar (Toshkent shahri, Amudaryo quyi oqimi, Qoraqalpog'iston hamda Xorazm viloyati) tanlab olindi. Tadqiqot predmeti – ekologik ma'lumotlarni yig'ish, oqimli qayta ishlash, geofazoviy modellashtirish, vaqtli qatorli tahlil qilish hamda mashinaviy o'rgatish algoritmlari hisoblanadi.

Ma'lumotlarni yig'ish texnologiyalari. Tadqiqot doirasida uchta asosiy manbadan ma'lumotlarni agregatsiyalash usuli qo'llanilgan:

- *Sensor va IoT tarmoqlari:* Stasionar va avtomatik monitoring stansiyalari (Toshkent shahrida 13 ta avtomatik stansiya va 50 dan ortiq stasionar postlar) real vaqt rejimida (PM2.5, PM10, SO_2, NO_x), CO, NH_3) ko'rsatkichlarini uzluksiz qayd etadi.
- *Masofadan zondlash (DZZ / Remote Sensing):* Sentinel-2, Landsat va MODIS sun'iy yo'ldosh tasvirlari hamda aerofotosuratlar orqali tuproq namligi, o'rmonlar va suv havzalari holati masofadan kuzatiladi.
- *Bioakustika va kameratuzoqlar:* Bioxilma-xillik va hayvonlar migratsiyasini avtomatik tanib olish texnologiyalari.

Ekologik monitoring tizimlarida Katta ma'lumotlar (Big Data) platformalari va qayta ishlash arxitekturasi turli manbalardan uzluksiz kelib tushuvchi, katta hajmli va murakkab strukturali ma'lumotlar oqimini qabul qilish, taqsimlangan holda tahlil etish hamda saqlashning mantiqiy-texnologik bazasini tashkil etadi. Ma'lumotlarni qayta ishlashning operativligi va geofazoviy aniqligini ta'minlash maqsadida ushbu arxitektura **ikki asosiy funksional qatlamga** ajratiladi:

1. **Oqimli va taqsimlangan hisoblash qatlami** (Streaming & Distributed Computing Layer);
2. **Ma'lumotlarni saqlash va geofazoviy tahlil qatlami** (Data Storage & Geospatial Layer).

Atrof-muhit monitoringi tizimlarida analitik modellashtirish va mashinaviy o'rgatish (Machine Learning) algoritmlari murakkab, ko'p omilli va dinamik ekologik jarayonlarni empirik ma'lumotlar asosida tahlil qilish, fazoviy-vaqtli bog'liqliklarni aniqlash hamda kelgusi ifloslanish darajasini yuqori aniqlikda bashorat qilishning neyro-tarmoqli va statistik poydevorini tashkil etadi. Ekologik ko'rsatkichlarni har taraflama tahlil qilish va modellar ishonchliligini baholash maqsadida ushbu uslubiy majmualar **to'rtta asosiy metodologik komponentga** ajratiladi:

1. **Statistik tahlil va ekologik indekslar** (Statistical Analysis & Ecological Indices);
2. **Gibrid neyron tarmoqlari** (Hybrid Neural Networks);
3. **Gauss dispersiya fizika-matematik modeli** (Gaussian Dispersion Model);
4. **Modellarning aniqlik va xatolik metrikasi** (Accuracy & Error Metrics).

3. Natijalar

3.1. Atmosfera havosi ko‘rsatkichlarini yig‘ish va tahlil qilish

O‘zbekiston bo‘yicha to‘plangan statistik va sensor ma’lumotlari tahlili shuni ko‘rsatdiki, 2018–2023 yillarda atmosferaga chiqarilgan umumiy zaharli chiqindilar hajmi 1.65 mln t dan 1.90 mln t ga oshgan (14% o‘sish). Toshkent shahrida PM2.5 zarralarining o‘rtacha yillik ko‘rsatkichi 32 $\mu g/m^3$ ga yetib, JSST me’yoridan 10 $\mu g/m^3$ 3 baravardan ko‘proq yuqori ekani belgilandi.

Toshkent shahridagi 13 ta avtomatik stansiyadan yig‘ilgan ko‘p yillik soatlik ma’lumotlar bazasi asosida turli ML modellarining bashoratlash aniqligi baholandi va quyidagi natijalar olindi:

MODEL TURI	BASHORAT QILISH ANIQLIGI (%)	METODOLOGIK USTUNLIGI
CNN-LSTM (GIBRID)	**90 – 93 %**	Fazo va vaqtli kechikishlarni optimal birlashtiradi
RANDOM FOREST (RF)	**80 – 84 %**	Ko‘p parametrli daraxatsimon tasniflash
LSTM (STANDART)	**80 – 85 %**	Vaqtli seriyalar ketma-ketligini modellashtirish

CNN-LSTM va LSTM modellari orqali amalga oshirilgan bashoratlarga ko‘ra, joriy tendensiyalar saqlanib qolgan taqdirda, Toshkent shahrida PM2.5 ning o‘rtacha yillik konsentratsiyasi 2028 yilga borib 40 $\mu g/m^3$ ga yetishi kutilmoqda.

Apache Spark taqsimlangan ekotizimida sensor ma’lumotlarini real vaqt rejimida qayta ishlash tahlil vaqtini bir necha soatdan bir necha daqiqagacha qisqartirdi. Toshkent markazida IoT sensor ma’lumotlari asosida transport harakati optimallashtirilishi natijasida zaharli gazlar konsentratsiyasi **12% ga kamaytirildi**.

3.2. Suv, tuproq va Smart Waste Management monitoringi

Suv va tuproq tahlili. O‘zbekistonda sirtqi suv resurslarining taxminan 30% ifloslangan deb baholanib, Amudaryoning quyi oqimida zaharli moddalar me’yordan 1.5–2 baravar yuqoriligi kuzatildi. Xorazm viloyatida IoT sensorlari va oqimli analitika yordamida suvdagi nitratlar anomaliyalari tezkor aniqlandi va manbasi bartaraf etildi. Sentinel-2 sun’iy yo‘ldosh tasvirlari va klasterizatsiya algoritmlari yordamida Qoraqalpog‘istonda tuproq degradatsiyasi zonalari va namlik yetishmovchiligi xaritalashtirilib, sug‘orish rejalari optimallashtirildi.

Smart Waste Management. Chiqindi qutilariga o‘rnatilgan IoT sensorlarining Big Data va ML algoritmlari orqali tahlil qilinishi:

- Chiqindilar to‘planish darajasini **85% dan yuqori aniqlikda** bashorat qilish imkonini berdi;
- Maxsus transport vositalari yo‘nalishlarini dinamik optimallashtirish orqali yoqilg‘i va vaqt sarfini **30% ga qisqartirdi**.

3.3. Xalqaro tajribada ekologik ma’lumotlar analitikasi va intellektual platformalar

Xalqaro amaliyotda Katta ma’lumotlar (Big Data), masofadan zondlash (DZZ), Geofazoviy axborot tizimlari (GIS) hamda Sun’iy intellekt (AI) texnologiyalarining integratsiya qilinishi atrof-muhit holatini real vaqt rejimida monitoring qilish va ekologik jarayonlarni yuqori aniqlikda bashorat qilishning yuqori samaradorligini isbotladi. Jahon tajribasida atrof-muhit ma’lumotlari analitikasining imkoniyatlarini namoyon etuvchi **uchta yetakchi texnologik va institutsional model** alohida ajralib turadi:

1. **Xitoy milliy ekologik monitoring platformasi** (National Ecological Monitoring Platform of China);
2. **Yevropa Ittifoqining Copernicus yer usti kuzatuv dasturi** (EU Copernicus Earth Observation Programme);
3. **Transmilliy korporatsiyalarning intellektual ekologik va energiyani tejash tizimlari** (IBM Green Horizon & Google DeepMind).

4. Muhokama

Natijalarni ilmiy va amaliy baholash. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, ekologik ma’lumotlarni yig‘ish va tahlil qilish texnologiyalarining an’anaviy empirik va statik kuzatuv modellariga nisbatan sezilarli ustunligi mavjud. Oqimli Big Data (Apache Spark, Kafka) va gibrid neyron tarmoqlar (CNN-LSTM) hamkorligi ma’lumotlar tahlili operativligini oshirib, favqulodda ekologik vaziyatlarda (masalan, PM2.5 va SO_2) ning kutilmagan ortishida) sanoat korxonalari va transport harakatini vaqtincha cheklash bo‘yicha asoslantirilgan qarorlar qabul qilishga imkon beradi.

Sun’iy intellekt va Katta ma’lumotlar (Big Data) texnologiyalarining ekologik monitoring sohasiga joriy etilishi atrof-muhit holatini real vaqt rejimida baholash va barvaqt bashorat qilish uchun keng imkoniyatlar yaratish bilan birga, bir qator texnik, infratuzilaviy, ekologik va axloqiy-huquqiy xatarlarni ham keltirib chiqaradi. Ushbu texnologiyalarni amaliyotga tatbiq etishda yuzaga keladigan muammolar va cheklovlar **to‘rtta asosiy toifaga** ajratiladi:

1. **Ma’lumotlar sifati va ularning uzluksizligi** (Data Quality & Continuity);
2. **Infratuzilma va texnik kadrlar yetishmovchiligi** (Infrastructural & Human Capacity Constraints);
3. **Energiya sarfi va uglerod izi** (Green AI & Carbon Footprint);
4. **Axborot konfidensialligi va etika tamoyillari** (Data Privacy & Ethical Issues).

5. Xulosa

Tadqiqot davomida ekologik ma’lumotlarni yig‘ish, saqlash, oqimli qayta ishlash hamda sun’iy intellekt va mashinaviy o‘rgatish modellari yordamida tahlil qilish borasida olingan nazariy va empirik natijalar ushbu sohaning yuqori samaradorligini tasdiqladi. Olib borilgan ilmiy izlanishlar yakuni bo‘yicha **uchta asosiy ilmiy xulosa** shakllantirildi:

1. Atrof-muhit monitoringida proaktiv konsepsiyaga o‘tish;

2. Atmosfera havosi ifloslanishini bashorat qilishda gibrid modellarning ustunligi;

3. Resurslarni boshqarish va ekotizimlarni muhofaza qilishda Big Data, GIS va IoT integratsiyasining samaradorligi.

Atrof-muhitni raqamli monitoring qilish, Katta ma’lumotlar (Big Data) hamda sun’iy intellekt modellarini amaliyotga tatbiq etish bo‘yicha olingan ilmiy-empirik natijalar va xalqaro tajriba tahlili asosida mamlakatimizda barqaror ekologik boshqaruvni ta’minlash va "yashil iqtisodiyot"ga o‘tishni jadallashtirishga qaratilgan **uchta ustuvor amaliy tavsiya** shakllantirildi:

1. **Milliy yagona integratsiyalashgan ekologik platformani barpo etish** (National Integrated Ecological Platform);

2. **Infratuzilmani rivojlantirish va kadrlar salohiyatini oshirish** (Infrastructure & Academic Capacity Building);

3. **"Yashil AI" hamda ma’lumotlarni standartlashtirish tamoyillarini joriy etish** (Green AI & Data Standardization).

6. Foydalanilgan adabiyotlar

1. Anthony, L. F. W., Kanding, B., & Selvan, R. (2020). Carbontracker: Tracking and predicting the carbon footprint of training deep learning models. *arXiv preprint arXiv:2007.03051*.

2. Donayeva, A. (2025). Sun'iy intellektning ekologik monitoringdagi roli: yutuqlar, muammolar va istiqbollar. *Samarali Ta'lim va Barqaror Innovatsiyalar Jurnali*, 3(5), 1316–1328.

3. Henderson, P., Hu, J., Romoff, J., Brunskill, E., Jurafsky, D., & Pineau, J. (2020). Towards the systematic reporting of the energy and carbon footprints of machine learning. *Journal of Machine Learning Research*, 21(1), 10039–10081.

4. Javed, A. (2025). The role of data science in environmental monitoring: Leveraging big data for sustainability. *Algorithms and Intelligence*, 1(3), 1–12.

5. Malikov, Sh. Sh. (2025). Big Data va analitika ekologik monitoring uchun. *Marketing Jurnali*, 5, 26–34.

SUN’IY INTELLEKT YORDAMIDA EKOLOGIK MUAMMOLARNI BASHORAT QILISH

Rustamov Jamshid Ergashevich
Samarqand iqtisodiyot va servis instituti dotsenti e-mail:
rustamovjam7@gmail.com

1. Kirish

Mavzuning dolzarbligi. Zamonaviy davrda global va mintaqaviy miqyosda kechayotgan iqlim o‘zgarishi, atmosfera havosi va suv resurslarining ifloslanishi, tuproq degradatsiyasi, cho‘llanish hamda biologik xilma-xillikning qisqarishi insoniyatning barqaror rivojlanishiga jiddiy xavf solmoqda. BMTning Iqlim

o‘zgarishi bo‘yicha ñamka konvensiyasi (UNFCCC) ma’lumotlariga ko‘ra, iqlimiy va ob-havo ofatlari tufayli so‘nggi o‘n yillikda dunyo bo‘ylab 1.7 milliarddan ortiq inson jabrlangan hamda kutilmagan favqulodda vaziyatlar oqibatida majburiy ko‘chishlar soni keskin ortgan. An’anaviy ekologik monitoring va tahlil usullari ko‘pincha stasionar kuzatuv postlaridan olingan ma’lumotlarni empirik va statistik usullarda qo‘lda qayta ishlashga tayangani sababli, ekologik hodisalarning vaqtinchalik va fazoviy (spatiotemporal) dinamikasini real vaqt rejimida va uzoq muddatga yuqori aniqlikda bashorat qilish imkonini bermaydi. Bunga javoban, **Sun’iy intellekt (SI)**, **Mashinaviy va chuqur o‘rgatish (ML/DL)**, **Katta ma’lumotlar (Big Data)** hamda **Narsalar interneti (IoT)** texnologiyalarining ekologiya sohasiga integratsiya qilinishi ekologik xavf-xatarlarni barvaqt aniqlash va bashorat qilishda tub burilish yaratdi.

Mavjud muammo. Ekologik ma’lumotlar o‘zining kelib chiqishi bo‘yicha turli manbalardan (sun’iy yo‘ldosh DZZ tasvirlari, yer usti sensorlari, meteorologik stansiyalar, bioakustik va gidrologik postlar) kelib tushuvchi katta hajmli, yuqori tezlikdagi hamda turli formatdagi (heterogen) ma’lumotlar massividan iborat. O‘zbekiston va Markaziy Osiyo sharoitida sanoat va transport tashlamalarining ortishi natijasida, xususan Toshkent shahrida mayda dispers zarralar (PM2.5, PM10) hamda zaharli gazlar (SO_2, NO_2) konsentratsiyasining me’yordan yuqoriligi kuzatilmoqda. Biroq, ushbu jarayonlarni bashorat qilishda meteorologik omillar (shamol yo‘nalishi, namlik, harorat) va geografik dispersiyaning murakkab o‘zaro bog‘liqliklarini oddiy regression va chiziqli modellar yetarlicha aks ettira olmaydi.

Tadqiqotning maqsadi. Ushbu tadqiqotning maqsadi yuklangan ilmiy manbalar va empirik ma’lumotlar bazasi asosida sun’iy intellekt va mashinaviy o‘rgatish algoritmlari yordamida ekologik muammolarni (havo sifati, suv va tuproq degradatsiyasi, tabiiy ofatlar hamda iqlimiy o‘zgarishlar) bashorat qilish imkoniyatlarini kompleks tahlil etish va bashoratlash modellarining aniqlik ko‘rsatkichlarini baholashdan iborat.

Tadqiqot vazifalari:

1. Ekologik monitoring va bashoratlashda SI, Katta ma’lumotlar va IoT texnologiyalarining qo‘llanilish yo‘nalishlarini tizimlashtirish.

2. Toshkent shahri misolida atmosfera havosi ifloslanishini (PM2.5, PM10, SO_2, NO_2) hamda ob-havo ko‘rsatkichlarini bashorat qiluvchi gibrid (**CNN-LSTM**) va an’anaviy neyron tarmoqlarining aniqligini (RMSE, MAE, \(R^2\)) baholash.

3. Suv resurslari anomaliyalari, tuproq degradatsiyasi, dengiz sathining o‘zgarishi hamda chiqindilarni oqilona boshqarishda (*Smart Waste Management*) SI bashorat modellarining samaradorligini o‘rganish.

4. Sun’iy intellekt modellarini o‘rgatishdagi energiya sarfi (uglerod izi), ma’lumotlar uzluksizligi hamda axloqiy-huquqiy cheklovlarni tadqiq etish.

Ilmiy yangiligi. Tadqiqotda ko‘p yillik soatlik vaqtli seriyalar va meteorologik parametrlar asosida **Gauss dispersiya modeli** va gibrid **CNN-**

LSTM (Convolutional Neural Network - Long Short-Term Memory) chuqur neyron tarmog‘ining fizik-matematik sintezi asoslab berilgan. Ushbu yondashuv atmosfera havosidagi zaharli moddalar tarqalishini **90–93% aniqlikda** bashorat qilish imkonini berishi hamda an’anaviy empirik modellarga nisbatan yuqori samaradorlikka ega ekani isbotlangan.

2. Metodlar

Tadqiqot obyekti va predmeti. Tadqiqot obyekti sifatida ekologik monitoring va bashoratlash tizimlari (Toshkent shahri stasionar va avtomatlashtirilgan stansiyalari, Sentinel-2 va Landsat sun’iy yo‘ldoshlari, xalqaro meteorologik va ekologik postlar) hamda ulardagi ma’lumotlar oqimi olingan. Tadqiqot predmeti – atrof-muhit ko‘rsatkichlarini yig‘ish, oqimli qayta ishlash hamda kelgusi holatni prognoz qilishda qo‘llaniladigan sun’iy intellekt va mashinaviy o‘rgatish algoritmlaridir.

Ma’lumotlar manbalari va yig‘ish texnologiyalari. Tadqiqotda quyidagi uchta asosiy manbadan ma’lumotlar agregatsiya qilindi:

1. *Sensorlar va IoT tarmoqlari:* Toshkent shahri bo‘yicha 13 ta avtomatlashtirilgan havo sifati stansiyalari hamda 50 dan ortiq stasionar postlardan yig‘ilgan 12 yillik ko‘p yillik soatlik ma’lumotlar bazasi (BGU 1657 va DGU 44287 reestri);
2. *Masofadan zondlash (DZZ) va aerofotosuratlar:* Sentinel-2 sun’iy yo‘ldosh tasvirlari hamda yuqori aniqlikdagi aerofotosuratlar (HRAI, 0.1–0.5 m pikselli);
3. *Gidrologik va ob-havo ma’lumotlari:* Tarixiy va real vaqt rejimida olingan oqimli ma’lumotlar (Apache Kafka va Apache Spark taqsimlangan hisoblash ekotizimi orqali oyiga 1 TB dan ortiq ma’lumot qayta ishlangan).

Bashoratlash algoritmlari va modellashtirish arxitekturasi

Atrof-muhit monitoringi va ekologik muammolarni barvaqt bashorat qilishda zamonaviy intellektual algoritmlar hamda matematik-fizik modellar yetakchi o‘rin tutadi. Murakkab va dinamik o‘zgaruvchi ekologik omillarni (havo sifati, zaharli moddalar tarqalishi va meteorologik parametrlar) yuqori aniqlikda prognoz qilish uchun sun’iy intellekt, mashinaviy o‘rgatish hamda fizik dispersiya tenglamalarini o‘zaro integratsiyalashgan arxitekturadan foydalaniladi. Ushbu modellashtirish arxitekturasi **to‘rtta asosiy metodologik komponentni** o‘z ichiga oladi:

1. **Gibrid neyron tarmoqlari (CNN-LSTM)** (Hybrid Neural Networks);
2. **Gauss dispersiya fizik-matematik modeli** (Gaussian Dispersion Model Integration);
3. **Kompariyativ (taqqoslama) mashinaviy o‘rgatish modellari** (Comparative Machine Learning Models);
4. **Matematik va statistik baholash metrikalari** (Mathematical & Statistical Evaluation Metrics).

3. Natijalar

3.1. Atmosfera havosi sifati va zaharli moddalar tarqalishini bashorat qilish

Toshkent shahri va O‘zbekiston hududlari bo‘yicha to‘plangan ko‘p yillik empirik ma’lumotlar tahlili shuni ko‘rsatdiki, 2018–2023 yillarda atmosfera havosiga tashlangan umumiy zaharli moddalar hajmi 1.65 million tonnadan 1.90 million tonnagacha (14% ga) oshgan. Toshkent shahrida mayda dispers zarralarining (PM2.5) o‘rtacha yillik konsentratsiyasi 32 $\mu g/m^3$ ni tashkil etib, JSST tavsiya etgan xavfsiz me’yordan 10 $\mu g/m^3$ baravardan ziyod yuqori ekani belgilandi.

Yaratilgan **CNN-LSTM** va **LSTM** neyron tarmoq modellari yordamida o‘tkazilgan bashoratlarga ko‘ra, joriy sanoat va transport yuklamasi tendensiyasi saqlanib qolgan taqdirda, Toshkent shahrida PM2.5 zarralarining o‘rtacha yillik darajasi **2028 yilga borib** 40 $\mu g/m^3$ ga yetishi kutilmoqda.

Toshkent shahridagi 13 ta havo sifati stansiyalarining soatlik ko‘rsatkichlari (PM2.5, PM10, SO_2, NO_2, CO, NH_3, Fenol) bo‘yicha o‘tkazilgan taqqoslama eksperimentlar natijasida turli modellarning bashorat aniqligi quyidagi ko‘rinishda baholandi:

BASHORATLASH MODELI	ANIQLIK DARAJASI (%)	METODOLOGIK XUSUSIYATLARI VA AFZALLIKLARI
CNN-LSTM (Gibrid + Gauss)	**90 – 93 %**	Fazoviy dispersiya va vaqtli kechikishlarni optimal birlashtiradi
LSTM (Standart)	**80 – 85 %**	Uzoq muddatli vaqtli seriyalar zanjirini modellashtiradi
Random Forest (RF)	**80 – 84 %**	Ko‘p parametrli daraxatsimon tasniflash
Extreme Random Forest (ERF)	Yuqori aniqlik	HRAI aerofotosuratlari orqali tuproqdagi mishyakni bashorat qilish

Xalqaro miqyosda ham SI va ML modellarining havo sifatini bashorat qilishdagi samaradorligi tasdiqlangan. Avstraliyaning Melburn shahrida joriy etilgan *MyAQI* LSTM modeli havo sifatini **90–96% aniqlikda** bashorat qilgan bo‘lsa, IBM kompaniyasining *Green Horizon* loyihasi Katta ma’lumotlar va kognitiv hisoblash orqali havo ifloslanishini **72 soat oldindan** prognoz qilish imkonini berdi. Ruandada o‘tkazilgan tadqiqotda LSTM neyron tarmog‘i kuchli yog‘ingarchilik va sel xavfini **99.8% aniqlikda** bashorat qilgan.

3.2. Suv resurslari, tuproq va Smart Waste Management bashoratlari

Suv resurslari va tuproq degradatsiyasi. O‘zbekistonda sirtqi suv resurslarining taxminan 30% ifloslangan deb baholanib, Amudaryoning quyi oqimida zaharli moddalar me’yordan 1.5–2 baravar yuqori. Xorazm viloyatida IoT sensorlari va oqimli analitika yordamida suvdagi nitratlar anomaliyalari tezkor aniqlanib, manbasi bartaraf etildi. Qoraqalpog‘istonda Sentinel-2 sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari hamda klasterizatsiya algoritmlari yordamida tuproq degradatsiyasi zonalari aniq xaritalashtirildi. Xalqaro amaliyotda esa *HIDRA 1.0* chuqur o‘rgatish ansambli Adriatika dengizida dengiz sathining ko‘tarilishini an’anaviy okeanotsiya modellariga nisbatan yuqori aniqlikda bashorat qildi.

Chiqindilarni oqilona boshqarish (Smart Waste Management). Big Data va Mashinaviy o‘rgatish integratsiyasi chiqindi yig‘ish logistikasida yuqori natija berdi:

- Chiqindi qutilariga o‘rnatilgan IoT sensorlari va ML algoritmlari chiqindilar to‘planish darajasini **85% dan yuqori aniqlikda** bashorat qildi;
- Maxsus transport vositalari yo‘nalishlarini dinamik optimallashtirish orqali yoqilg‘i va vaqt sarfini **30% ga qisqartirdi**.

3.3. Bioxilma-xillik va tabiiy ofatlar barvaqt ogohlantirish tizimlari

BMT ko‘magidagi *Early Warnings for All (EW4All)* tashabbusi doirasida Efiyopiyada AI va sun’iy yo‘ldosh tasvirlari yordamida tabiiy xavf ostidagi aholi punktlari va migratsiya oqimlari barvaqt bashorat qilinmoqda. *AI4SIDS* platformasi esa GPT-4 va IoT ma’lumotlarini birlashtirib, orol-davlatlarda bo‘ron va toshqinlarni oldindan xabar qiladi. Bioxilma-xillik sohasida *Wildbook* (dengiz va quruqlik jonivorlarini avtomatik tanib olish) hamda *Conservation Metrics* (bioakustik audio-sensorlar orqali ekotizim sog‘lig‘ini bashorat qilish) tizimlari yuqori samaradorlik ko‘rsatmoqda.

4. Muhokama

Natijalar tahlili va ilmiy-amaliy ahamiyati. Olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, sun’iy intellekt va Big Data texnologiyalarining ekologik monitoringga integratsiya qilinishi reaktiv (yuzaga kelgan oqibatni qayd etish) yondashuvdan **proaktiv (oldindan ko‘ra bilish va barvaqt ogohlantirish)** modeliga o‘tishni ta’minlaydi. Toshkent shahrida joriy etilgan Apache Spark taqsimlangan platformasi ma’lumotlarni tahlil qilish vaqtini bir necha soatdan bir necha daqiqagacha qisqartirib, favqulodda ifloslanish davrida sanoat korxonalari faoliyatini vaqtincha cheklash yoki transport oqimini qayta yo‘naltirish bo‘yicha operativ qarorlar qabul qilishga zamin yaratdi. Xususan, IoT va SI tahlili asosida Toshkent markazida transport harakati optimallashtirilishi natijasida zaharli gazlar konsentratsiyasi **12% ga kamaytirildi**.

Boshqa tadqiqotlar bilan taqqoslash. O‘zbekiston sharoitida olingan 90–93% bashorat aniqligi ko‘rsatkichi xalqaro darajadagi tadqiqotlar (Melburn MyAQI 90–96%, Ruanda LSTM 99.8%) natijalariga mos keladi. An’anaviy statistik modellarga (masalan, faqat Mann-Kendall testi yoki ARIMA) nisbatan gibrid CNN-LSTM modelining ustunligi shundaki, u ko‘p omilli iqlimiy, meteorologik va antropogen bog‘liqliklarni bir vaqtning o‘zida qamrab oladi.

Muammolar, texnologik va axloqiy xatarlar:

1. *Ma’lumotlar sifati va uzluksizligi:* Sensorlar nosozligi, kalibrovka xatoliklari va noqulay ob-havo sharoitida sun’iy yo‘ldosh tasvirlaridagi bulutlilik ma’lumotlar uzilishiga (*missing data*) va shovqinlarga (*noise*) olib keladi, bu esa model aniqligini pasaytiradi.
2. *Infratuzilma va kadrlar yetishmovchiligi:* Rivojlanayotgan mamlakatlarda yuqori quvvatli bulutli serverlar (GPU/TPU) hamda *Environmental Data Science* bo‘yicha mutaxassislarning yetishmasligi keng miqyosda joriy etishni qiyinlashtiradi.

3. *Algoritmlarning energiya va uglerod izi (Green AI):* Yirik chuqur o‘rgatish modellarini o‘rgatish ulkan elektr energiyasini talab etadi va bilvosita issiqxona gazlari ajralishiga sabab bo‘ladi. Shuning uchun *Carbontracker* va *Green AI* texnik standartlaridan foydalanish zarur.

4. *Konfidensiallik va etika:* Dronlar va sun’iy yo‘ldoshlar orqali kuzatishda shaxsiy mulk daxlsizligi hamda mahalliy hamjamiyatlarning barvaqt roziligi (**FPIC**) tamoyillariga rioya qilish talab etiladi.

5. Xulosa

Asosiy ilmiy xulosalar:

1. Sun’iy intellekt va Katta ma’lumotlar texnologiyalari atrof-muhit monitoringi hamda boshqaruvida reaktiv usullardan **proaktiv (oldindan ko‘ra bilish va ogohlantirish)** modeliga o‘tishning mantiqiy va texnologik poydevorini tashkil etadi.

2. Toshkent shahri havo sifati va meteorologik ma’lumotlari bazasida yaratilgan gibrid **CNN-LSTM va Gauss dispersiyasi** modeli atmosfera havosidagi zaharli moddalar (\(PM2.5, PM10, SO_2, NO_2\)) tarqalishini **90–93% aniqlikda** bashorat qilish imkonini berdi, bu esa an’anaviy va yakkama-yakka modellarga (RF, LSTM) nisbatan yuqori ko‘rsatkichdir.

3. Big Data, GIS va IoT texnologiyalarining Smart Waste Management tizimlarida qo‘llanilishi chiqindi to‘planishini 85%+ aniqlikda bashorat qilish va transport marshrutlarini optimallashtirish orqali yoqilg‘i hamda vaqt sarfini **30% ga qisqartirish** imkonini beradi.

Amaliy tavsiyalar:

1. *Yagona milliy ekologik platformani barpo etish:* O‘zbekistonda yer usti IoT sensorlari, O‘zgidromet stansiyalari hamda Sentinel/Landsat DZZ ma’lumotlarini birlashtiruvchi markazlashgan raqamli ekologik monitoring va bashoratlash platformasini yaratish.

2. *Infratuzilma va akademik ta’limni rivojlantirish:* OTMlarda (masalan, Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, Toshkent davlat yuridik universiteti va Alfraganus universitetida) *Environmental Data Science* va *Big Data Analytics* bo‘yicha ixtisoslashtirilgan kadrlar tayyorlashni kengaytirish.

3. *Yashil AI va standartlashtirish:* Ekologik ma’lumotlar formatlarini unifikatsiya qilish hamda neyron tarmoqlarini o‘rgatishda energiya tejamkor "Yashil AI" (*Carbontracker*) standartlarini joriy etish.

5. Foydalanilgan adabiyotlar

1. Abdurahmonov, S., & To‘xtasinov, A. (2019). Sun’iy intellekt texnologiyalarining atrof-muhit monitoringida qo‘llanilishi. *O‘zbekiston Fanlar Akademiyasi Axborotnomasi*, 3(89), 112–120.

2. Donayeva, A. (2025). Sun'iy intellektning ekologik monitoringdagi roli: yutuqlar, muammolar va istiqbollar. *Samarali Ta'lim va Barqaror Innovatsiyalar Jurnali*, 3(5), 1316–1328.

3. Donti, P. L., & Kolter, J. Z. (2021). Machine learning for sustainable energy systems. *Annual Review of Environment and Resources*, 46, 719–747. [suspicious link removed]

4. Javed, A. (2025). The role of data science in environmental monitoring: Leveraging big data for sustainability. *Algorithms and Intelligence*, 1(3), 1–12.

5. Malikov, Sh. Sh. (2025). Big Data va analitika ekologik monitoring uchun. *Marketing Jurnali*, 5, 26–34.

YASHIL MEHMONXONALARNI RIVOJLANTIRISHDA AQLLI TEXNOLOGIYALARNING AHAMIYATI

Maxmudova A.P. SamISI “Turizm” kafedrasi dotsenti

Annotatsiya. Mazkur tezisda yashil mehmonxonalarni rivojlantirishda aqlli texnologiyalardan foydalanishning nazariy va amaliy jihatlari tadqiq etilgan. Mehmonxona xo‘jaligida energiya va suv resurslari iste’molini optimallashtirish, chiqindilarni boshqarish, uglerod chiqindilarini kamaytirish, xizmat ko‘rsatish jarayonlarini raqamlashtirish hamda ekologik mas’uliyatli iste’mol modelini shakllantirishda Internet of Things (IoT), sun’iy intellekt, Big Data, aqlli sensorlar, Building Management System (BMS) va energiya boshqaruvi tizimlaridan foydalanish imkoniyatlari yoritilgan. Aqlli texnologiyalarni yashil boshqaruv tamoyillari bilan integratsiyalash asosida mehmonxonalarning ekologik va iqtisodiy samaradorligini oshirish yo‘nalishlari asoslangan hamda “Smart Green Hotel Management” konseptual boshqaruv yondashuvi taklif etilgan.

Kalit so‘zlar: yashil mehmonxona, aqlli texnologiyalar, barqaror turizm, sun’iy intellekt, Internet of Things, Big Data, BMS, energiya samaradorligi, suv tejamkorligi, chiqindilarni boshqarish, uglerod izi, yashil boshqaruv.

Mehmondo‘stlik industriyasining jadal rivojlanishi joylashtirish vositalarida energiya, suv, oziq-ovqat va boshqa resurslarga bo‘lgan talabning ortishi bilan bir qatorda, chiqindilar va issiqxona gazlari emissiyasining ko‘payishiga ham olib kelmoqda. Mehmonxonalar sutka davomida faoliyat yuritishi, isitish, sovitish, yoritish, issiq suv bilan ta’minlash, kir yuvish, ovqatlanish va boshqa ko‘plab xizmatlarni uzluksiz amalga oshirishi sababli resurslardan intensiv foydalanuvchi turistik infratuzilma obyektlari qatoriga kiradi. Shu sababli mehmonxona biznesida iqtisodiy samaradorlikni ta’minlash bilan bir vaqtda atrof-muhitga salbiy ta’sirni kamaytirish, resurslardan oqilona foydalanish va ekologik mas’uliyat tamoyillarini boshqaruv tizimiga joriy etish dolzarb vazifaga aylanmoqda. Mazkur jarayon “yashil mehmonxona” konsepsiyasining rivojlanishiga asos bo‘lib, uning zamonaviy bosqichi raqamli va aqlli texnologiyalarni ekologik boshqaruv bilan integratsiyalashni talab etadi.

Yashil mehmonxona tushunchasi faqat energiyani tejovchi uskunalar yoki chiqindilarni saralash amaliyotini joriy etish bilan cheklanmaydi. Uning mohiyati

mehmonxona faoliyatining barcha bosqichlarida resurslar sarfini optimallashtirish, qayta tiklanadigan energiya manbalaridan foydalanish, suv iste'molini kamaytirish, chiqindilar hosil bo'lishining oldini olish, mahalliy va ekologik mahsulotlardan foydalanishni kengaytirish hamda mehmonlarning ekologik mas'uliyatli xatti-harakatlarini rag'batlantirishdan iborat. Shu jihatdan yashil mehmonxona boshqaruvi iqtisodiy, ekologik va ijtimoiy samaradorlikning o'zaro uyg'unligiga asoslanadi. Biroq mehmonxonaning resurslardan foydalanish samaradorligini oshirish uchun qaysi xonada, qaysi vaqt oralig'ida va qanday xizmat turi bo'yicha ortiqcha iste'mol yuz berayotganini tezkor aniqlash zarur. Aynan shu vazifani bajarishda aqlli texnologiyalar muhim axborot va boshqaruv vositasiga aylanadi.

Aqlli texnologiyalar mehmonxona faoliyatida turli qurilmalar, sensorlar, dasturiy platformalar va ma'lumotlar tahlili vositalarini yagona raqamli boshqaruv tizimiga birlashtirish imkonini beradi. Internet of Things texnologiyasi yordamida mehmonxona xonalari va umumiy foydalanish hududlaridagi harorat, namlik, yoritish, suv sarfi, elektr energiyasi iste'moli va uskunalarning ishlash holati haqidagi ma'lumotlarni uzluksiz yig'ish mumkin. Mazkur ma'lumotlarni sun'iy intellekt va Big Data vositalari yordamida qayta ishlash orqali resurslar sarfidagi qonuniyatlarni aniqlash, me'yordan ortiq iste'mol holatlarini tezkor qayd etish va kelajakdagi ehtiyojni prognozlash imkoniyati yuzaga keladi. Natijada mehmonxona boshqaruvi resurslarni umumiy me'yorlar asosida emas, balki real talab va iste'mol dinamikasiga muvofiq boshqarish imkoniyatiga ega bo'ladi.

Yashil mehmonxonalarda aqlli texnologiyalardan foydalanishning eng muhim yo'nalishlaridan biri energiya samaradorligini oshirish hisoblanadi. An'anaviy mehmonxonalarda yoritish, isitish va sovitish tizimlari ko'pincha xonada mehmonning mavjud yoki mavjud emasligidan qat'i nazar ishlashi mumkin. Aqlli sensorlar va avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari esa xonadagi harakat, harorat, tashqi ob-havo, bron holati va mehmonning individual sozlamalari asosida energiya sarfini avtomatik tartibga soladi. Mehmon xonani tark etganda yoritish tizimining avtomatik o'chirilishi, konditsioner yoki isitish tizimining energiya tejamkor rejimga o'tishi, tabiiy yorug'lik yetarli bo'lganda sun'iy yoritish intensivligining kamayishi kabi yechimlar ortiqcha energiya sarfining oldini olishga xizmat qiladi.

Building Management System mehmonxona binosidagi yoritish, ventilyatsiya, isitish, sovitish, elektr energiyasi, suv ta'minoti va boshqa muhandislik tizimlarini yagona platformada boshqarish imkonini beradi. BMS tizimining IoT va sun'iy intellekt bilan integratsiyalashuvi energiya sarfini faqat monitoring qilish emas, balki uning kelajakdagi hajmini prognozlash imkoniyatini ham yaratadi. Masalan, mehmonxonaning bandlik darajasi, tashqi harorat, mavsumiylik va tarixiy iste'mol ko'rsatkichlari asosida kelgusi kun yoki hafta uchun energiyaga bo'lgan talabni oldindan hisoblash mumkin. Bu

mehmonxonaga energiya ta’minotini optimal rejalashtirish va qayta tiklanadigan energiya manbalaridan foydalanish samaradorligini oshirishga yordam beradi.

Aqlli texnologiyalar suv resurslaridan oqilona foydalanishda ham katta ahamiyatga ega. Mehmonxonalarda suv nafaqat mehmon xonalarida, balki restoran, kir yuvish, tozalash, obodonlashtirish, basseyn va boshqa xizmat jarayonlarida ham katta hajmda iste’mol qilinadi. Aqlli suv hisoblagichlari va sensorlar suv sarfini obyekt, qavat, xona yoki xizmat turi kesimida kuzatish imkonini beradi. Tizim odatdagi iste’mol darajasidan keskin og‘ishlarni aniqlaganda suv sizib chiqishi yoki texnik nosozlik to‘g‘risida avtomatik signal yuborishi mumkin. Sun’iy intellekt asosidagi tahlil esa mehmonxona bandligi va mavsumiy omillarga qarab suvga bo‘lgan ehtiyojni prognozlash imkonini beradi. Natijada suv resurslarini tejash bilan bir qatorda kommunal xarajatlar va texnik yo‘qotishlar ham kamayadi.

Yashil mehmonxonalar faoliyatida chiqindilarni boshqarish masalasi ham alohida ahamiyatga ega. Mehmonxonalarda maishiy chiqindilar bilan bir qatorda restoran va banket xizmatlaridan katta hajmdagi oziq-ovqat chiqindilari shakllanadi. Aqlli tarozilar, raqamli hisob tizimlari va sun’iy intellekt asosidagi analitika yordamida oziq-ovqat chiqindilarining hajmi, turi va hosil bo‘lish sabablari aniqlanishi mumkin. Restoranda qaysi taomlarning ko‘proq qoldirilishi, qaysi kunlarda ortiqcha mahsulot tayyorlanishi yoki qaysi mahsulotlarning saqlash muddati davomida foydalanilmay qolishini tahlil qilish orqali xarid va ishlab chiqarish hajmini optimallashtirish mumkin. Bunday yondashuv bir vaqtning o‘zida oziq-ovqat chiqindilarini, mahsulot xarajatlarini va ekologik yuklamani kamaytirishga xizmat qiladi.

Aqlli texnologiyalarning afzalligi faqat resurslarni tejash bilan cheklanmay, mehmonlarga ko‘rsatiladigan xizmatlarning sifatini oshirishda ham namoyon bo‘ladi. Mobil ilovalar orqali kontaktsiz ro‘yxatdan o‘tish va chiqish, raqamli kalitlardan foydalanish, mehmonning xonadagi harorat va yoritish parametrlarini boshqarishi, elektron hisob-kitoblar hamda virtual yordamchilardan foydalanish qog‘oz hujjatlar va ayrim operatsion jarayonlarni qisqartirish imkonini beradi. Shu bilan birga, mehmonning oldingi tanlovlari va xatti-harakatlari haqidagi qonuniy asosda qayta ishlanadigan ma’lumotlardan foydalanish xizmatlarni individuallashtirish imkoniyatini yaratadi. Natijada mehmonxona ekologik samaradorlikni oshirish bilan bir qatorda mijoz tajribasini ham yaxshilashi mumkin.

Yashil mehmonxonalarni rivojlantirishda mehmonlarning ekologik xatti-harakatlarini shakllantirish muhim hisoblanadi. Chunki texnik jihatdan eng zamonaviy mehmonxona ham mijozlar tomonidan resurslardan samarasiz foydalanilsa, kutilgan ekologik natijaga to‘liq erisha olmaydi. Shu sababli aqlli texnologiyalar mehmonlarni ekologik mas’uliyatli xatti-harakatga rag‘batlantirish vositasi sifatida ham qo‘llanilishi mumkin. Masalan, mobil ilova yoki xonadagi raqamli panel orqali mehmon o‘zining suv va energiya iste’molini kuzatishi, sochiq va choyshablarni har kuni almashtirmaslikni tanlashi,

chiqindilarni saralash bo‘yicha tavsiyalar olishi yoki ekologik transport turlaridan foydalanish imkoniyatlari haqida ma’lumotga ega bo‘lishi mumkin. Bunday raqamli “yashil nudging” mexanizmlari ekologik xulq-atvorni shakllantirish bilan bir qatorda mehmonning yashil mehmonxona konsepsiyasidagi faol ishtirokini ta’minlaydi.

Mehmonxonalarda ekologik samaradorlikni boshqarish uchun raqamli ma’lumotlardan foydalanish resurslar iste’molini aniq indikatorlar orqali kuzatishni talab etadi. Bunda bir mehmon-kecha hisobiga elektr energiyasi iste’moli, bir mehmon-kecha hisobiga suv sarfi, qayta tiklanadigan energiyaning umumiy energiya iste’molidagi ulushi, bir mehmon hisobiga hosil bo‘ladigan chiqindi, qayta ishlashga yo‘naltirilgan chiqindilar ulushi, oziq-ovqat chiqindilari miqdori hamda uglerod emissiyasi kabi ko‘rsatkichlardan foydalanish maqsadga muvofiq. Ushbu indikatorlarni mehmonxonaning bandlik darajasi va xizmat hajmi bilan bog‘liq holda tahlil qilish turli davrlar o‘rtasidagi ekologik samaradorlikni obyektiv taqqoslash imkonini beradi.

Masalan, mehmonxonaning energiya samaradorligini baholash uchun energiya iste’moli intensivligini quyidagi shaklda ifodalash mumkin:

$$EI = EC/GN$$

Bu yerda EI - energiya iste’moli intensivligi, EC - muayyan davrdagi umumiy energiya iste’moli, GN - shu davrdagi mehmon-kechalar soni.

Xuddi shuningdek, suv iste’moli intensivligini

$$WI = WC/GN$$

shaklida hisoblash mumkin, bunda WC - umumiy suv iste’moli. Mazkur indikatorlarning dinamikasini aqlli hisoblagichlardan olinadigan real ma’lumotlar bilan kuzatish boshqaruvga resurslar samaradorligi pasaygan davr yoki bo‘limlarni aniqlash imkonini beradi.

Sun’iy intellekt texnologiyalari mehmonxona uskunalarining texnik holatini boshqarishda ham muhim rol o‘ynaydi. An’anaviy tizimda uskuna nosozlik yuz bergandan keyin ta’mirlanadigan bo‘lsa, prediktiv texnik xizmat ko‘rsatish tizimida sensorlardan olinadigan ma’lumotlar asosida nosozlik ehtimoli oldindan aniqlanadi. Masalan, konditsioner, ventilyatsiya, nasos yoki boshqa uskunaning energiya sarfi, harorati va ishlash vibratsiyasidagi noodatiy o‘zgarishlar sun’iy intellekt tomonidan texnik muammoning dastlabki belgisi sifatida aniqlanishi mumkin. Natijada uskunani favqulodda to‘xtashidan oldin ta’mirlash, energiya yo‘qotishlarini kamaytirish va uskunaning xizmat muddatini uzaytirish imkoniyati paydo bo‘ladi.

Aqlli texnologiyalarni qayta tiklanadigan energiya manbalari bilan integratsiyalash yashil mehmonxonalar rivojlanishining yana bir istiqbolli yo‘nalishidir. Quyosh panellari yoki boshqa mahalliy qayta tiklanadigan energiya tizimlaridan olinadigan energiya hajmi ob-havo sharoitiga qarab o‘zgaradi. Sun’iy intellekt ob-havo prognozi, mehmonxona bandligi va oldingi iste’mol

ma’lumotlari asosida energiya ishlab chiqarish va iste’mol o‘rtasidagi nisbatni prognozlab, energiyani saqlash yoki tashqi tarmoqdan foydalanishni samaraliroq boshqarishga yordam berishi mumkin. Natijada qayta tiklanadigan energiyadan foydalanish ulushini oshirish va mehmonxonaning uglerod izini kamaytirish uchun qo‘shimcha imkoniyat yaratiladi.

O‘zbekiston sharoitida yashil mehmonxonalarni rivojlantirish turizm industriyasining barqarorligini oshirish bilan bir qatorda mehmonxona korxonalarining operatsion xarajatlarini optimallashtirish nuqtayi nazaridan ham istiqbolli yo‘nalish hisoblanadi. Samarqand, Buxoro, Xiva, Toshkent kabi yirik turistik markazlarda, shuningdek, yangi shakllanayotgan turistik destinatsiyalarda mehmonxona infratuzilmasining kengayishi energiya va suv resurslariga talabning ortishiga olib keladi. Shu sababli yangi mehmonxona loyihalarini ishlab chiqishda aqlli yoritish, energiya boshqaruvi, suv monitoringi, qayta tiklanadigan energiya, chiqindilarni saralash va raqamli ekologik monitoring tizimlarini dastlabki loyihalash bosqichidan boshlab hisobga olish maqsadga muvofiq. Faoliyat yuritayotgan mehmonxonalarda esa aqlli hisoblagichlar va sensorlarni bosqichma-bosqich joriy etish orqali mavjud infratuzilmaning ekologik samaradorligini oshirish mumkin.

Shu bilan birga, aqlli yashil texnologiyalarni mehmonxona xo‘jaligiga joriy etishda ayrim cheklovlar mavjud. Dastlabki investitsiya xarajatlarining yuqoriligi, turli texnologik tizimlarning o‘zaro mosligi, malakali mutaxassislar yetishmasligi, ma’lumotlarning sifati va kiberxavfsizlik bilan bog‘liq muammolar jarayonni sekinlashtirishi mumkin. Bundan tashqari, mehmonlarning xulq-atvori, xonadagi mavjudligi yoki xizmatlardan foydalanishiga oid ma’lumotlarni yig‘ish jarayonida maxfiylik va shaxsiy ma’lumotlarni himoya qilish talablariga qat’iy rioya etish lozim. Shu sababli aqlli mehmonxona texnologiyalarini joriy etishda texnologik samaradorlik bilan bir qatorda iqtisodiy maqsadga muvofiqlik, ma’lumotlar xavfsizligi va iste’molchilar huquqlarini himoya qilish tamoyillarini ham hisobga olish zarur.

Xulosa qilib aytganda, aqlli texnologiyalar yashil mehmonxonalarni rivojlantirishning muhim texnologik va boshqaruv omillaridan biri bo‘lib, energiya va suv iste’molini optimallashtirish, chiqindilarni kamaytirish, qayta tiklanadigan energiyadan samarali foydalanish, uskunalarga prediktiv texnik xizmat ko‘rsatish va mehmonlarni ekologik tashabbuslarga jalb etish imkoniyatlarini kengaytiradi. IoT, sun’iy intellekt, Big Data, BMS va aqlli sensorlarning o‘zaro integratsiyasi mehmonxona faoliyatini real vaqtga yaqin monitoring qilishdan resurslarga bo‘lgan talabni oldindan prognozlash va avtomatik optimallashtirishga o‘tish imkonini beradi. O‘zbekistonda yashil mehmonxonalarni rivojlantirishda aqlli resurs monitoringi tizimlarini bosqichma-bosqich joriy etish, yangi mehmonxona loyihalarida energiya va suv samaradorligi talablarini kuchaytirish, qayta tiklanadigan energiya manbalaridan foydalanishni rag‘batlantirish, ekologik samaradorlik indikatorlarini raqamlashtirish hamda mehmonxona xodimlarining yashil va raqamli

kompetensiyalarini rivojlantirish maqsadga muvofiq. Natijada aqlli texnologiyalar mehmonxona faoliyatining ekologik ta'sirini kamaytirish bilan bir qatorda operatsion xarajatlarni optimallashtirish, xizmatlar sifatini oshirish va turistik korxonalarning uzoq muddatli raqobatbardoshligini ta'minlashga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. O'zbekiston Respublikasi Milliy statistika agentligi. Mehmonxona xo'jaligi va turizm sohasiga oid rasmiy statistik ma'lumotlar.

2. O'zbekiston Respublikasi Turizm qo'mitasi. Joylashtirish vositalari va barqaror turizmni rivojlantirishga oid rasmiy ma'lumotlar.

3. United Nations. Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. New York: United Nations, 2015.

4. UNWTO. Indicators of Sustainable Development for Tourism Destinations. Madrid: World Tourism Organization, 2004.

5. Gössling S., Peeters P., Hall C.M., Ceron J.-P., Dubois G., Lehmann L.V., Scott D. Tourism and water use: Supply, demand, and security. An international review // Tourism Management. 2012. Vol. 33, No. 1. P. 1–15.

SUN'IY INTELLEKT VA RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR ASOSIDA TALABALARNING EKOLOGIK KOMPETENSIYALARINI RIVOJLANTIRISH

Raxmatov Yashin Yarashovich

Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti mustaqil tadqiqotchisi Tel: +998 91 011 50 00 E-mail: y.raxmatov@edu.uz

Annotatsiya. Maqolada sun'iy intellekt va raqamli texnologiyalar yordamida talabalarning ekologik kompetensiyalarini rivojlantirishning nazariy asoslari va metodik yo'nalishlari tahlil qilingan. Yevropa Ittifoqining GreenComp ramkasi va UNESCOning talabalar uchun sun'iy intellekt kompetensiyalari ramkasi asosida ekologik va sun'iy intellekt kompetensiyalarini uyg'unlashtiruvchi integrativ model hamda uch bosqichli rivojlantirish tamoyili taklif etilgan. Sun'iy intellektning ekologik izini hisobga olish zarurligi asoslanib, ilmiy-nazariy va amaliy tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Kalit so'zlar: sun'iy intellekt, raqamli texnologiyalar, ekologik kompetensiya, GreenComp, sun'iy intellekt savodxonligi, oliy ta'lim, barqaror rivojlanish, ekologik ma'lumotlar tahlili.

Аннотация. В статье анализируются теоретические основы и методические направления развития экологических компетенций студентов с помощью искусственного интеллекта и цифровых технологий. На основе рамки GreenComp Европейского союза и рамки ЮНЕСКО по компетенциям в области искусственного интеллекта для учащихся предложены

интегративная модель, объединяющая экологические компетенции и компетенции в сфере ИИ, и принцип трёхуровневого развития. Обоснована необходимость учёта экологического следа ИИ, разработаны научно-теоретические и практические рекомендации.

Ключевые слова: искусственный интеллект, цифровые технологии, экологическая компетенция, GreenComp, грамотность в области ИИ, высшее образование, устойчивое развитие, анализ экологических данных.

Abstract. The article analyses theoretical foundations and methodological directions for developing students' environmental competences using artificial intelligence and digital technologies. Based on the EU GreenComp framework and the UNESCO AI competency framework for students, an integrative model combining sustainability and AI competences and a three-level development principle are proposed. The need to consider the environmental footprint of AI is substantiated, and scientific, theoretical and practical recommendations are developed.

Keywords: artificial intelligence, digital technologies, environmental competence, GreenComp, AI literacy, higher education, sustainable development, environmental data analysis.

KIRISH

Bugun oliy ta'lim oldida ikki vazifani uyg‘un hal etish talabi turibdi: talabalarda ekologik mas'uliyatni shakllantirish va ularni sun'iy intellekt (SI) davriga tayyorlash. O‘zbekistonda har ikki yo‘nalish davlat siyosati darajasida belgilangan. 2025-yil 15-maydagi PQ-184-son qaror bilan 2030-yilgacha bo‘lgan davrda aholining ekologik madaniyatini yuksaltirish konsepsiyasi tasdiqlangan [1]. 2024-yil 14-oktabrdagi PQ-358-son qaror bilan esa sun'iy intellekt texnologiyalarini 2030-yilga qadar rivojlantirish strategiyasi qabul qilinib, unda kadrlar salohiyatini oshirish asosiy vazifalardan biri sifatida belgilangan [2]. 2025-yil 22-oktabrdagi PF-189-son Farmonga ko‘ra, 2026/2027-o‘quv yilidan boshlab oliy ta'lim o‘quv dasturlari va darsliklariga sun'iy intellekt texnologiyalarini o‘qitish bo‘yicha mavzular kiritiladi, 2026-yil yakuniga qadar oliy ta'lim muassasalarida 15 ta sun'iy intellekt laboratoriyasi ishga tushiriladi [3].

Shu bilan birga, ekologik ta'lim sifati global miqyosda ham muammoligicha qolmoqda: UNESCO tomonidan 100 ta mamlakatning milliy o‘quv dasturlari tahlili ularning qariyb yarmida (47 %) iqlim o‘zgarishi tilga olinmasligini, so‘rovda qatnashgan yoshlarning 70 foizi esa iqlim o‘zgarishining asosiy tamoyillarini izohlay olmasligini ko‘rsatgan [4]. Demak, SI ni o‘qitish va ekologik ta'limni o‘zaro bog‘liq holda rivojlantirish dolzarb masaladir. Maqolaning maqsadi ushbu integratsiyaning nazariy modelini ishlab chiqish va asoslashdan iborat.

ASOSIY QISM

Ekologik kompetensiyalar mazmunini belgilashda Yevropa Komissiyasi Qo‘shma tadqiqot markazi tomonidan ishlab chiqilgan GreenComp ramkasi keng

qo‘llaniladi. U to‘rt sohaga birlashtirilgan 12 ta kompetensiyani qamrab oladi: barqarorlik qadriyatlarini o‘zida mujassam etish, barqarorlikdagi murakkablikni qamrab olish, barqaror kelajakni tasavvur qilish va barqarorlik uchun harakat qilish [5]. A. Wiek va hammualliflar esa oliy ta’lim uchun tizimli fikrlash, istiqbolni ko‘ra bilish, normativ, strategik va shaxslararo kompetensiyalarni barqarorlik sohasidagi asosiy kompetensiyalar sifatida ajratgan [6].

Sun’iy intellekt kompetensiyalari bo‘yicha asosiy xalqaro hujjat UNESCOning 2024-yilda nashr etilgan talabalar uchun sun’iy intellekt kompetensiyalari ramkasidir. Unda inson markazidagi tafakkur, sun’iy intellekt etikasi, sun’iy intellekt texnikalari va qo‘llanilishi hamda sun’iy intellekt tizimlarini loyihalash kabi to‘rt yo‘nalish bo‘yicha 12 ta kompetensiya belgilangan bo‘lib, ular tushunish, qo‘llash va yaratish kabi uch bosqichda rivojlantiriladi; ramka inklyuziv va barqaror sun’iy intellekt dizayniga alohida urg‘u beradi [7].

Ekologik muammolar katta hajmdagi ma’lumotlar va murakkab tizimlar bilan bog‘liq bo‘lib, SI aynan shu vazifalarda samarali. Shu asosda muallif tomonidan GreenComp sohalarini sun’iy intellekt va raqamli vositalar bilan uyg‘unlashtiruvchi integrativ model taklif etiladi (1-jadval).

1-jadval

Ekologik kompetensiyalarni sun’iy intellekt vositasida rivojlantirishning integrativ modeli

GreenComp sohasi	**Sun’iy intellekt va raqamli vositalar**	**O‘quv faoliyati namunasi**
Barqarorlik qadriyatlari	Generativ SI bilan munozara, SI etikasi bo‘yicha keyslar	SI qarorlarining ekologik va ijtimoiy adolatini baholash
Murakkablikni qamrab olish	Mashinaviy o‘qitish, ochiq ekologik ma’lumotlar to‘plamlari	Havo sifati ma’lumotlaridagi qonuniyatlarni aniqlash
Barqaror kelajakni tasavvur qilish	Prognozlash modellari, ssenariy simulyatsiyalari	Hudud uchun suv iste’moli ssenariylarini modellashtirish
Barqarorlik uchun harakat	Kompyuter ko‘rishi, sun’iy yo‘ldosh tasvirlari tahlili, mobil ilovalar	Chiqindilarni saralash yoki yashil hududlarni monitoring qilish loyihasi

Manba: [5], [7] asosida muallif ishlanmasi.

Modelni amalga oshirishda UNESCO ramkasidagi uch bosqichli yondashuvni [7] ekologik mazmunga ko‘chirish maqsadga muvofiq. Tushunish bosqichida talabalar SI vositalari yordamida ekologik ma’lumotlarni o‘rganadi va natijalarni tanqidiy baholaydi; qo‘llash bosqichida tayyor SI vositalari orqali mahalliy ekologik muammoni tahlil qiladi; yaratish bosqichida esa jamoada oddiy SI modeli yoki raqamli yechim ishlab chiqadi.

Integratsiyaning muhim sharti SI ning o‘z ekologik izini anglashdir. Xalqaro energetika agentligi ma’lumotlariga ko‘ra, 2024-yilda ma’lumotlar markazlari jahon elektr energiyasi iste’molining taxminan 1,5 foizini (415 TVt·soat) tashkil etgan va bu ko‘rsatkich 2030-yilga borib 945 TVt·soatgacha, ya’ni ikki baravardan ko‘proq oshishi kutilmoqda, uning asosiy omili esa sun’iy intellektdir [8]. Shu sababli talabalarga SI dan nafaqat samarali, balki ekologik mas’uliyat bilan foydalanishni ham o‘rgatish zarur.

XULOSA, ILMIY-NAZARIY TAKLIF VA TAVSIYALAR

Tahlil natijalari shuni ko‘rsatadiki, sun’iy intellekt ekologik kompetensiyalarni, ayniqsa tizimli fikrlash, ma’lumotlarga asoslangan tahlil va kelajak ssenariylarini baholash ko‘nikmalarini rivojlantirishning samarali vositasi bo‘la oladi, biroq bu faqat ekologik va SI kompetensiyalari uyg‘un loyihalangan taqdirda natija beradi. Shu asosda quyidagi takliflar ilgari suriladi.

Ilmiy-nazariy takliflar:

1) “raqamli-ekologik kompetensiya” tushunchasini shaxsning ekologik muammolarni sun’iy intellekt va raqamli texnologiyalar yordamida aniqlash, tahlil qilish va hal etishga, shuningdek bu texnologiyalardan ekologik mas’uliyat bilan foydalanishga tayyorligi sifatida ta’riflash;

2) GreenComp va UNESCO SI kompetensiyalari ramkalarini integratsiyalash hamda raqamli-ekologik kompetensiyani “tushunish – qo‘llash – yaratish” bosqichlari bo‘yicha rivojlantirish tamoyilini metodik asos sifatida qabul qilish;

3) sun’iy intellektning ekologik izini baholashni raqamli-ekologik kompetensiyaning majburiy tarkibiy qismi sifatida belgilash.

Amaliy tavsiyalar:

4) PF-189-son Farmon asosida o‘quv dasturlariga kiritiladigan SI mavzularini ekologik keyslar va ochiq ekologik ma’lumotlar bilan boyitish;

5) oliy ta’lim muassasalarida tashkil etiladigan SI laboratoriyalarida “ekologik ma’lumotlar tahlili” yo‘nalishidagi talabalar loyihalarini qo‘llab-quvvatlash;

6) talabalar raqamli-ekologik kompetensiyalarining rivojlanish darajasini 1-jadvaldagi model asosida ishlab chiqilgan indikatorlar orqali baholab borish.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2025-yil 15-maydagi PQ-184-son “2030-yilgacha bo‘lgan davrda aholining ekologik madaniyatini yuksaltirish konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi qarori.

2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2024-yil 14-oktabrdagi PQ-358-son “Sun’iy intellekt texnologiyalarini 2030-yilga qadar rivojlantirish strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi qarori. https://lex.uz/docs/-7158604

3. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2025-yil 22-oktabrdagi PF-189-son “Sun’iy intellekt texnologiyalarini yanada rivojlantirishga oid qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi Farmoni.

4. UNESCO. Greening curriculum guidance: teaching and learning for climate action. – Paris: UNESCO, 2024.

5. Bianchi G., Pisiotis U., Cabrera Giraldez M. GreenComp: The European sustainability competence framework. – Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2022. – EUR 30955 EN. DOI: 10.2760/13286.

6. Wiek A., Withycombe L., Redman C.L. Key competencies in sustainability: a reference framework for academic program development // Sustainability Science. – 2011. – Vol. 6, No. 2. – P. 203–218.

7. Miao F., Shiohira K. AI competency framework for students. – Paris: UNESCO, 2024. DOI: 10.54675/JKJB9835.

8. International Energy Agency. Energy and AI. – Paris: IEA, 2025. https://www.iea.org/reports/energy-and-ai

ENHANCING THE ROBUSTNESS OF ASSESSMENT MODELS UNDER STATISTICAL DISTRIBUTION SHIFTS IN ENVIRONMENTAL DATA

Rashidov Akbar, Tursinxanov Nurlan
Department of Artificial Intelligence and Information Systems, Samarkand State University E-mail: researcher.are

Abstract. The article analyzes the risks to the stability of machine learning-based assessment models due to changes in the statistical properties of environmental data. Types of statistical drift, their detection, and possibilities for limiting their impact through adaptive preprocessing of data are summarized. A sensitive and adaptive approach to the model is recommended for environmental assessment.

Keywords: environmental data, statistical drift, machine learning, assessment stability, adaptive preprocessing.

Introduction

The assessment of the ecological situation uses numerical data on the physical and chemical parameters of water and soil, the state of land resources, and biodiversity. Machine learning models built on the basis of such data depend on the statistical properties of the training set. However, when regions, measurement conditions, and natural processes change, the range, mean, or spread of new observations may differ from previous data. As a result, the initial processing parameters may become outdated and the model's assessment reliability in new conditions may decrease. The problem of statistical drift is explained by the difference between the data distributions at the training and subsequent application stages [1]. The purpose of this work is to analyze existing approaches aimed at increasing the stability of assessment models in the conditions of statistical drift of ecological data and to formulate scientific recommendations for their unification.

The impact of statistical drift on valuation models

Statistical drift manifests itself in several ways. In the case of a change in the distribution of features, the statistical properties of the input indicators differ; in the case of a change in the distribution of the target indicator, the proportion of cases evaluated shifts; in the case of a conceptual shift, the relationship between the input indicators and the evaluation result changes [1–3]. It is wrong to interpret these cases as the same problem: rescaling the input data alone does not eliminate all types of drift. For example, when an observation is received that is higher than the largest value of a training set of substances in soil, the result of Min–Max scaling calculated from the previous minimum and maximum may deviate from the unity interval. This is not a mathematical error, but it may indicate that the model is operating outside the range of the studied values. In the Z-score method, a change in the mean and standard deviation, and in the Robust Scaling method, a shift in the median and interquartile range, change the distribution of the processed indicators. The strength of the effect depends on the chosen model, indicators, and type of drift.

Approaches to increasing sustainability

From the literature review, three main directions are distinguished, aimed at improving the stability of assessment models in the conditions of statistical shifts in ecological data. They are following:

- Detecting statistical shifts. In this approach, the statistical indicators and distributions of the previous and new data sets are compared. In particular, the mean value, variance, minimum and maximum values, as well as changes in the shape of the distribution are analyzed. Rabanser et al., having studied various methods for detecting statistical shifts, showed the importance of timely detection of changes in the data distribution [4]. However, the presence of statistical shifts does not always mean a decrease in model accuracy. Therefore, it is necessary to take into account the impact of the detected changes on the assessment results.

- Adaptive preprocessing. In traditional preprocessing methods, scaling parameters are determined based on the training set and applied unchanged to subsequent data. However, when the statistical properties of environmental indicators change, these parameters may not be sufficiently consistent with the new data. In such conditions, it is possible to update the parameters of methods such as Min-Max, Z-score and Robust Scaling or select a method that is more suitable for the current characteristics of the data. At the same time, a sharp change in parameters may cause inconsistencies between the results of preprocessing and the previously trained model. Therefore, when adjusting the scaling parameters, it is advisable to also take into account the sensitivity of the model to new values.

- Model-level adaptation. This approach is aimed at maintaining or restoring the accuracy of the estimation model in the face of statistical shifts. This involves reweighting the data, updating the model parameters, or retraining based on new observations. Gama et al. and Lu et al. have systematized mechanisms for detecting and adapting to conceptual shifts [2, 3]. However, regular retraining of

models requires additional computational resources. Since there are spatial and temporal dependencies in ecological data, it is important to use appropriate spatial or temporal separation methods to assess the stability of models [5]. Thus, each of the considered approaches has certain capabilities and limitations. Detecting statistical shifts does not directly eliminate their negative effects, and updating the preprocessing parameters does not guarantee model stability in all cases. Therefore, an integrated approach that combines statistical shift detection, adaptive preprocessing, and monitoring of model results is a promising direction for improving the stability of ecological assessment models.

Scientific and theoretical proposals and recommendations

For ecological assessment models, it is proposed to organize statistical drift control and response to it in a single sequence: 1) form a statistical profile of the initial data; 2) determine the range and distribution changes in new observations; 3) check the change in the quality of the model estimate along with the degree of drift; 3) adjust the initial processing parameters as necessary; 4) re-evaluate the stability of the model after adjustment. Accepting the assessment result as reliable should be based not only on the presence of a statistical difference, but also on its practical impact on the model output. When using adaptive scaling, it is recommended to preserve the initial parameters, set update limits, and monitor the compatibility of the processing and model parameters. These proposals have the character of theoretical generalizations, and their effectiveness should be verified in the future by separate experiments.

Conclusion

Statistical drift of ecological data poses a threat to the applicability of assessment models to new conditions, but any drift does not automatically mean a deterioration in the quality of the forecast. Source analysis shows that it is appropriate to identify statistical changes, assess their impact on the model output, and apply adaptive preprocessing in a coherent manner. A model-sensitive adaptive approach is considered a promising direction for studying the stability of ecological assessment systems.

References

1. Sugiyama M., and et. all. Dataset Shift in Machine Learning. MIT Press, 2009. DOI: 10.7551/mitpress/9780262170055.001.0001.

2. Gama J., Žliobaitė I., Bifet A., Pechenizkiy M., Bouchachia A. A Survey on Concept Drift Adaptation. ACM Computing Surveys, 2014, 46(4), art. 44. DOI: 10.1145/2523813.

3. Lu J., and et. all. Learning under Concept Drift: A Review. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 2019, 31(12), 2346–2363. DOI: 10.1109/TKDE.2018.2876857.

4. Rabanser S., Günnemann S., Lipton Z. C. Failing Loudly: An Empirical Study of Methods for Detecting Dataset Shift. Advances in Neural Information Processing Systems, 2019, 32.

5. Roberts D. R. et al. Cross-validation strategies for data with temporal, spatial, hierarchical, or phylogenetic structure. Ecography, 2017, 40(8), 913–929. DOI: 10.1111/ecog.02881.

SAMARQAND TARIXIY OBIDALARI HUDUDIDA EKOLOGIK XAVFLARNI SUN'IY INTELLEKT VA MA'LUMOTLAR TAHLILI ASOSIDA BAHOLASH

Ernazarov Alisher Ergashevich
Toshkent Kimyo universiteti Samarqand filiali magistratura bo‘limi boshlig‘i, dotsent

Annotatsiya. Maqolada Samarqandning tarixiy obidalari atrofidagi havoning ifloslanishi va mikroiqlim omillarini birgalikda hisobga oladigan ekologik monitoring yondashuvi taklif etiladi. Tadqiqotning maqsadi shahar muhitini muhofaza qilish vazifalarini me'moriy merosni saqlash ehtiyojlari bilan bog‘lovchi, tekshiriladigan prognozlash va qaror qabul qilish protokolini ishlab chiqishdir. Ish rasmiy hujjatlar va birlamchi ilmiy tadqiqotlarning maqsadli tahlili, ma'lumotlar modeli hamda shartli hisobiy ssenariylarga asoslanadi. Registon, Shohi Zinda, Bibixonim va Go‘ri Amir hududlari monitoring tarmog‘ini rejalashtirish uchun nomzod obyektlar sifatida ko‘rib chiqiladi.

XGBoost asosida ifloslantiruvchilarni prognozlash, materialga mos mikroiqlim bahosi va ekspert aniqlagan zaiflikni birlashtiruvchi ustuvorlik indeksi ishlab chiqiladi. To‘rtta shartli kuzatuv nuqtasida indeks 50,5–76,5 ball oralig‘ida hisoblandi. Eng yuqori indeksli nuqtada ifloslanish komponenti 30 foiz kamaytirilgan faraziy ssenariy indeksni 76,5 balldan 65,7 ballga tushirdi. Bu qiymatlar Samarqandda o‘tkazilgan o‘lchovlar yoki sun'iy intellekt modelining empirik natijalari emas. Yondashuv mahalliy emissiyalarni boshqarish, tarixiy qoplamalarga ehtiyotkor munosabat va ma'lumotlar sifati nazoratini birlashtiradi.

Kalit so‘zlar: Samarqand, tarixiy obidalar, ekologik monitoring, sun'iy intellekt, PM10, PM2.5, XGBoost, mikroiqlim, madaniy meros, ustuvorlik indeksi.

Kirish. Samarqandda atrof-muhitni himoya qilish shahar aholisining yashash sharoiti bilan birga tarixiy me'moriy muhitni saqlashni ham qamrab oladi. UNESCOning "Samarqand – madaniyatlar chorrahasi" obyektiga oid tavsifida Registon, Bibixonim, Shohi Zinda va Go‘ri Amir kabi yirik majmualar qayd etilgan; obyekt 2001-yilda Jahon merosi ro‘yxatiga kiritilgan [1]. Mazkur hududlarda ekologik choralar ishlab chiqishda havo sifati, bino yuzalarining holati va tashrif buyuruvchilar foydalanadigan muhit bir-biriga bog‘liq masalalar sifatida ko‘rilishi lozim. Havoni muhofaza qilishda PM2.5 insonning ifloslanishga duch kelishini tavsiflovchi muhim ko‘rsatkichdir [2]. Biroq meros obyektining saqlanishini faqat PM2.5 bilan baholash to‘g‘ri emas. Yirikroq

zarrachalar, cho‘kkan chang, azot dioksidi, oltingugurt dioksidi, namlik va sirt holati ham ma’lumotlar bazasiga kiritilishi kerak. Odamlar salomatligi uchun ishlab chiqilgan havo sifati tavsiyalari materialning yemirilish chegarasi vazifasini avtomatik bajarmaydi. Shuning uchun maqolada insonning ta’sirlanishi va obidaning ekologik zaifligi alohida, o‘zaro bog‘langan baholash yo‘nalishlari sifatida ko‘riladi.

Xorijiy tajribada tarixiy binolarning ichki mikroiqlimini mashinaviy o‘rganish orqali oldindan baholash ikki dala sinovi misolida o‘rganilgan [3]. Materiallarni ko‘p ifloslantiruvchi omillar ta’sirida sinashga bag‘ishlangan tadqiqotlarda esa doza va javob o‘rtasidagi bog‘lanish material turiga qarab aniqlangan [4]. Ushbu ishlardan metodik saboq olish mumkin, lekin ularning koeffitsiyentlarini Samarqand koshinlari, g‘ishtlari yoki qorishmalariga tekshirmasdan ko‘chirish mumkin emas. Mahalliy ma’lumotlar bilan qayta baholash ilmiy asoslangan moslashtirishning zarur shartidir.

Tadqiqotning maqsadi Samarqand tarixiy obidalari hududida ifloslanish va mikroiqlim monitoringini sun’iy intellekt prognozi bilan bog‘lash, kuzatuvlarni tekshirish hamda ekologik tadbirlarni ustuvorlashtirish protokolini ishlab chiqishdan iborat. Vazifalar monitoring birliklarini belgilash, prognozga kiradigan ma’lumotlarni tartibga solish, materialga mos baholash tamoyillarini aniqlash va indeksning shartli hisobini bajarishni qamrab oladi. Ishning metodik hissasi havo sifati prognozi, ekspert tashxisi va choralar tanlashni alohida tekshiriladigan bosqichlarga ajratishdir. Tadqiqot yangi dala o‘lchovlari bajarilgan empirik ish emas, manbalarga tayangan metodik va hisobiy tadqiqot hisoblanadi.

Tadqiqot dizayni va dalillar bazasi. Manbalar 2026-yil 9-oktabr holatida maqsadli tanlandi. Samarqandga oid kontekst UNESCO tavsifi bilan, ekologik va konservatsiya mezonlari WHO hamda xalqaro meros tashkilotlarining materiallari bilan asoslandi [1, 2, 8, 9]. Algoritmik yondashuv uchun XGBoost va SHAPning birlamchi ilmiy ishlari, mikroiqlim bo‘yicha esa dala sinoviga asoslangan maqola tanlandi [3, 5, 6]. Tanlash mezonlari manbaning tekshirilishi, tadqiqot savoliga aloqadorligi va usulning qayta qo‘llanish imkoniyati bo‘ldi. Sharh barcha nashrlarni qamrab olgan tizimli sharh sifatida talqin qilinmaydi.

Monitoring hududlari va kuzatuv birligi. Boshlang‘ich loyihada Registon, Shohi Zinda, Bibixonim va Go‘ri Amir majmualari turli fazoviy sharoitlarni qiyoslash uchun nomzod hududlar sifatida olinadi. Yakuniy nuqtalar joyidagi ko‘rik, transport yo‘llari, bino orientatsiyasi, shamolga ochiqlik va kuzatuv jihozini o‘rnatish imkoniga qarab belgilanadi. Bu tanlov obidalarning ifloslanish bo‘yicha tartibini oldindan belgilamaydi. Maqolada qaysi majmua ko‘proq zarar ko‘rganiga doir mahalliy o‘lchovlar yo‘q va bunday xulosa chiqarilmaydi.

Har bir nomzod hududda yo‘lga yaqin tashqi nuqta, obida yaqinidagi hovli yoki yo‘lak nuqtasi hamda imkon bo‘lsa bevosita meros hududidan tashqaridagi taqqoslash nuqtasi rejalashtiriladi. Kuzatuv birligi “nuqta–soat”, sirt inspeksiyasi uchun esa “material uchastkasi–sana” sifatida belgilanadi. Tarmoq soni uskunalar

va mavjud sharoitga bog‘liq; faqat ko‘proq sensor o‘rnatish sifatli monitoring kafolati emas.

Nuqtalarni bir xil asbob bilan vaqtincha yonma-yon o‘lchash fazoviy taqqoslashdagi tizimli xatoni kamaytirishi mumkin.

Ma’lumotlar tarkibi va sifat nazorati

1-jadval. Rejalashtirilayotgan monitoringning asosiy ko‘rsatkichlari

Ko‘rsatkich	**Kuzatuv usuli**	**Baholash vazifasi**
PM10 va PM2.5	Kalibrlangan sensor; soatlik qator	Zarracha yuklamasi va havo prognozi
NO2 va SO2	Sensor yoki passiv namuna	Gazlar ekspozitsiyasini tavsiflash
Harorat, namlik, shamol	Meteorologik va mikroiqlim sensorlari	Mahalliy muhit va mavsumiy farq
Sirt holati va chang	Standart foto, ekspert ko‘rigi, namuna	Materialga mos mustaqil tashxis
Transport va xizmat	Agregat sanoq, voqealar jurnali	Manba farazlari va chora tahlili

Havo zarrachalari va gazlar sirt inspeksiyasi bilan bir xil vaqt tizimiga bog‘lanadi. PM10 va PM2.5 uchun konsentratsiya μg/m³, meteorologik o‘lchovlar uchun tegishli fizik birliklar saqlanadi. NO2 va SO2 ma’lumotlari asbob imkoniyatiga qarab uzluksiz sensor yoki alohida ekspozitsiyali passiv namuna orqali olinishi mumkin. Passiv namunaning ko‘p kunlik o‘rtachasi soatlik prognozning bevosita kuzatilgan javobi sifatida ishlatilmaydi.

Cho‘kkan chang massasi va havodagi zarracha konsentratsiyasi ham bir xil kattalik emas.

Sifat nazoratida asbob identifikatori, kalibrlash sanasi, nosozlik va texnik xizmat qayd etiladi.

Referens asbob bilan birgalikdagi kuzatuv sensor og‘ishini tekshirishga xizmat qiladi. Yuqori qiymat haqiqiy chang epizodi bo‘lishi mumkinligi sababli avtomatik o‘chirilmaydi. Vaqt UTC+5 asosida birlashtiriladi. Sirt fotosuratlari bir xil sharoitda olinib, konservator tomonidan tekshiriladi. Jihoz tarixiy bezakka zarar yetkazmaydigan, boshqaruvchi tashkilot bilan kelishilgan usulda o‘rnatiladi.

Prognozlash modeli va tekshirish tartibi. Prognozlash maqsadi qaror chiqarilgan t vaqtidan keyingi 24 soatning o‘rtacha PM10 yoki PM2.5 qiymatini alohida bashoratlashdir. Namlik va sirt haroratining tegishli vaqt oynasidagi o‘zgarishi mustaqil maqsad sifatida baholanishi mumkin. Kiruvchi belgilar oldingi 1, 6 va 24 soat konsentratsiyasi, oldingi sutka o‘rtachasi, shamol komponentlari, harorat, nisbiy namlik, yog‘in, kun va mavsum belgilari hamda agregat transport sanog‘idan tuziladi. Kelajakda aniqlanadigan kuzatuv prognoz vaqtida mavjud belgi sifatida kiritilmaydi.

XGBoost daraxtlar ansambli nomzod usul sifatida tanlanadi [5]. Taqqoslash uchun davomiylik bazasi – keyingi sutka qiymatini oldingi sutka o‘rtachasiga

tenglashtirish – va chiziqli regressiya ishlatiladi. Parametrlar ketma-ket vaqt bloklaridagi tekshirishda sozlanadi. Usulning murakkabligi samaradorlikning o‘zi emas: agar sodda baza mustaqil sinovda teng yoki yaxshiroq ishlasa, uni qo‘llash afzal bo‘lishi mumkin. Muayyan kutubxona versiyasi, parametrlar va tasodifiy boshlang‘ich qiymat empirik sinov bayonnomasida qayd etiladi.

Tarixiy meteorologik tahlil uchun ERA5dan foydalanish mumkin [7], biroq u operativ mahalliy kuzatuvning o‘rnini bosmaydi. Reanaliz ma’lumotlari e’lon kechikishiga ega bo‘lgani sababli hali kelmagan qiymatni prognozga kiritish axborot sizib chiqishiga olib keladi. Real vaqt bosqichida t vaqtigacha mavjud mahalliy meteorologik o‘lchov yoki chiqarilgan payti arxivlangan ob-havo prognozi qo‘llanadi. Xuddi shunday, keyin tasdiqlangan chang hodisasi belgisi ham tarixiy testga bilvosita kelajak axborotini kiritmasligi kerak.

Ma’lumotlar tasodifiy aralashtirilmaydi. Avvalgi davr o‘qitish, keyingi davr sozlash, eng oxirgi davr yakuniy sinov uchun ajratiladi. 24 soatlik maqsad oynalari qo‘shni qismlar orasida kesishmasligi uchun kamida 24 soatlik ajratish oralig‘i belgilanadi. Boshlang‘ich kuzatuv davri kamida to‘liq yilni qamrab olishi tavsiya etiladi; ikki yillik qator mavsumlar barqarorligini yaxshiroq tekshirish imkonini beradi. Boshqa nuqtaga ko‘chirishda stansiyalar bo‘yicha alohida sinov ham bajariladi. Barcha sinovlar boshlanmaguncha model ishlaydi yoki joriy etilgan deb ko‘rsatilmaydi.

Baholashda $MAE = \Sigma|y_i - \hat{y}_i|/n$ hamda $RMSE = \sqrt{[\Sigma(y_i - \hat{y}_i)^2/n]}$ mezonlari ishlatiladi. Bu yerda y_i kuzatilgan, $\hat{y}_i$ prognozlangan konsentratsiya, n sinov yozuvlari soni. Ikkala xato μg/m³ birlikda beriladi. Kunlik yuqori ifloslanish epizodlariga ogohlantirish tuzilsa, oldindan belgilangan chegara bo‘yicha aniqlash ulushi, yolg‘on signal va ogohlantirishning vaqti ham baholanadi. Xatolar mavsum, kuzatuv nuqtasi va keskin epizodlar kesimida ko‘rsatiladi; bitta yillik o‘rtacha natija bilan cheklanilmaydi.

Ekologik choralarni ustuvorlashtirish indeksi. Monitoringdan boshqaruv qaroriga o‘tish uchun muallif 0–100 ball oralig‘idagi yordamchi ustuvorlik indeksini taklif qiladi: $I = 100 \times (0{,}45P + 0{,}30M + 0{,}25V)$. P – ifloslanish komponenti, M – mikroiqlimning materialga mos baholash mezonidan og‘ish komponenti, V – ekspert aniqlagan sirt zaifligi; har biri 0–1 oralig‘ida. 0,45; 0,30 va 0,25 vaznlar ushbu metodik misol uchun muallif tomonidan tanlangan, statistik o‘qitilgan yoki xalqaro standartdan olingan qiymatlar emas. Indeks shikastlanish ehtimolini yoki yo‘qotiladigan material massasini bildirmaydi.

Amaliy hisobda normallashtirish tayanchlari sinovdan oldin belgilanib, faqat o‘qitish yoki ekspert ma’lumotlariga asoslanadi. M materialga mos mikroiqlim mezonidan, V esa bir xil rubrikadagi konservator ko‘rigidan olinadi. Yetishmayotgan komponent nol deb qabul qilinmaydi; indeks o‘rniga ma’lumot yetarli emasligi ko‘rsatiladi. SHAP belgilar hissasini izohlashi mumkin [6], biroq sababiy ta’sir yoki manba ulushini aniqlamaydi.

Mahalliy sharoitga mos metodik natija. Manbalar va tadqiqot vazifasini birlashtirish natijasida “kuzatuv – sifat nazorati – prognoz – sirt inspeksiyasi –

ekspert qarori – qayta baholash” tartibi shakllantirildi. Samarqand uchun moslashtirishning asosiy jihati tarixiy sirtning materiali va mikrosharoitini hisobga olishdir. Havo prognozi shahardagi umumiy ekologik jarayonni tavsiflaydi, sirt inspeksiyasi esa muayyan uchastkaning holatini aniqlashtiradi. Ushbu ishda ikkisini bog‘lovchi indeks va tekshirish shartlari ishlab chiqildi; real shikastlanish xaritasi yoki sinovdan o‘tgan model yaratilmadi.

Shartli nuqtalar bo‘yicha hisoblash. Formulaning ishlashini ko‘rsatish uchun A, B, C va D bilan belgilangan to‘rtta sun’iy nuqta tuzildi. Ular Registon, Shohi Zinda, Bibixonim yoki Go‘ri Amirning haqiqiy sensor nuqtalariga tenglashtirilmaydi. Jadvaldagi komponentlar normallashtirish mexanizmini ko‘rsatadigan muallif tanlagan qiymatlardir; ular havoning μg/m³ dagi konsentratsiyasi ham emas. Hisobda har bir komponent o‘z vazniga ko‘paytirilib, yig‘indi 100 ga ko‘paytirildi.

2-jadval. Sun’iy nuqtalarda ustuvorlik indeksining hisobiy qiymatlari

Nuqta	P	M	V	I ball
A	0,80	0,60	0,90	76,5
B	0,70	0,80	0,40	65,5
C	0,40	0,50	0,70	50,5
D	0,60	0,40	0,70	56,5

A nuqta uchun hisob I = 100 × (0,45 × 0,80 + 0,30 × 0,60 + 0,25 × 0,90) = 76,5 ballni berdi. Natijalar kamayish tartibida A, B, D va C ko‘rinishida joylashdi. Bu tartib faqat tanlangan vaznlar va sun’iy komponentlar uchun amal qiladi. Eng yuqori ball avtomatik ravishda sirtni tozalash yoki binoga aralashuv buyurmaydi; u avval qo‘shimcha ko‘rik va ma’lumotlarni tekshirish zarurligini bildiradi. Mahalliy nuqtalar uchun shunday tartibni e’lon qilishdan oldin haqiqiy o‘lchov va ekspert rubrikasi kerak.

Senariy va sezgirlik tahlili. A nuqtada ifloslanish komponenti 30 foiz nisbiy kamaytirilsa, P yangi = 0,80 × 0,70 = 0,56 bo‘ladi. M va V o‘zgarmas deb olinganda I yangi = 100 × (0,45 × 0,56 + 0,30 × 0,60 + 0,25 × 0,90) = 65,7 ball. Absolyut o‘zgarish 10,8 ball, dastlabki indeksga nisbatan o‘zgarish esa 10,8/76,5 × 100 = 14,1 foizni tashkil etdi. 14,1 foiz ifloslanishning, yemirilishning yoki iqtisodiy zarar miqdorining kamayishi emas; bu faqat hisobiy indeksning nisbiy o‘zgarishidir.

Vaznlar 0,30; 0,45 va 0,25 qilib o‘zgartirilganda, ya’ni mikroiqlimga ko‘proq ahamiyat berilganda A uchun 73,5; B uchun 67,0; C uchun 52,0 va D uchun 53,5 ball olindi. Ushbu ikki vazn variantida A birinchi o‘rinda qoldi, lekin farqlar o‘zgardi. Bu cheklangan sezgirlik tekshiruvi barcha vaznlar bo‘yicha barqarorlikni isbotlamaydi. Pilot bosqichida vaznlar ekspertlar bilan kelishilib, turli materiallar va yetishmayotgan kanallar holatida alohida tekshirilishi kerak.

Muhokama. Samarqandga mos yondashuvda koshin bilan qoplangan sirt, ochiq g‘isht, qorishma choklari, suvoq va boshqa materiallar bir xil qabul qilinmaydi. Namlash, cho‘kkan chang va gazlarning mumkin bo‘lgan ta’siri

materialning tarkibi hamda holatiga bog‘liq. Ko‘p omilli ekspozitsiya tadqiqotlari materialga xos baholash zarurligini ko‘rsatadi [4]. Biroq ayni maqolada koshin kimyoviy tarkibi yoki tuz miqdori tekshirilmagan; muayyan sirt uchun yemirilish tezligi va universal kritik namlik qiymati berilmaydi.

Obida yaqinida changni kamaytirish maqsadida kuchli suv purkash yoki doimiy sug‘orishni avtomatik tavsiya etish to‘g‘ri emas. Bunday chora fasad va asosning namlanishini o‘zgartirishi mumkin. Birinchi navbatda chang chiqadigan manbaga, masalan, qurilish maydonidagi tashish tartibi yoki ochiq materialni yopishga yo‘naltirilgan variantlar tekshiriladi. Tarixiy sirtni kimyoviy vosita bilan tozalash monitoringdan bevosita kelib chiqadigan ekologik chora emas; alohida konservatsiya tashxisi va materialga mos sinov talab qiladi.

Sun’iy intellekt tanlangan kirish belgilaridan statistik qonuniyatlarni o‘rganadi; o‘z-o‘zidan atmosfera yoki konservatsiya jarayonining barcha mexanizmini aniqlamaydi. Harorat va ifloslanish o‘rtasidagi bog‘lanish boshqa bir omil ta’sirida shakllangan bo‘lishi mumkin. SHAP hissasi sababiy ulush deb talqin qilinsa, noto‘g‘ri manba yoki noto‘g‘ri chora tanlanishi xavfi bor. Shu bois prognoz natijasi tashxis, emissiya manbasi haqidagi mustaqil axborot va joyidagi ko‘rik bilan birgalikda ishlatiladi.

Chora samaradorligini tekshirish uchun dastlabki va keyingi davr meteorologik sharoitlari qiyoslanadi. Imkon bo‘lsa, taqqoslash nuqtasi va shu hududdagi aralashuvdan tashqari vaqtlar qo‘llanadi. Qurilish, tozalash, yo‘l yopilishi va sensor almashtirilishi vaqt tamg‘asi bilan qayd etiladi. Oldin–keyin farqining hammasini chora sababli yuz berdi deb olish mumkin emas. Hisobiy ssenariyda olingan 14,1 foizni real ekologik samaradorlik sifatida keltirish aynan shu sababli ilmiy asosga ega emas.

Xulosa. Samarqand tarixiy obidalari hududida ekologik monitoring havo sifatini muhofaza qilish bilan birga material va mikroiqlimga mos konservatsiya axborotini shakllantirishi kerak. Maqolada shu maqsad uchun kuzatuv birligi, ma’lumotlar tarkibi, vaqt bo‘yicha tekshirish, prognozni izohlash va ekspert qarori bilan bog‘lash tartibi ishlab chiqildi. Registon, Shohi Zinda, Bibixonim va Go‘ri Amir nomzod pilot hududlar sifatida ko‘rib chiqildi; ularning haqiqiy ifloslanish yoki shikastlanish darajasi aniqlangan deb ko‘rsatilmaydi.

Shartli nuqtalarda indeks 50,5–76,5 ball oralig‘ida bo‘ldi. A nuqtaning ifloslanish komponenti 30 foiz kamaytirilgan hisobda indeks 10,8 ballga, ya’ni dastlabki indeksga nisbatan 14,1 foizga pasaydi. Natija formula va farazlarning oqibatidir. U sun’iy intellekt modelining empirik aniqligi, real zarracha kamayishi yoki obidalarni saqlashdagi erishilgan samaradorlikni anglatmaydi. Amaliy qo‘llash uchun mahalliy kuzatuvlar, konservator tashxisi va choralar bo‘yicha mustaqil sinov zarur.

Ilmiy nazariy taklif va amaliy tavsiyalar. Ilmiy-nazariy taklif shundan iboratki, tarixiy shahar ekologiyasida “ifloslanishni prognozlash”, “material holatini aniqlash” va “chora ta’sirini tekshirish” uchta alohida tadqiqot vazifasi sifatida tashkil etilsin. Birinchisi mustaqil vaqt blokidagi prognoz xatosi bilan,

ikkinchisi materialga mos diagnostika bilan, uchinchisi esa meteorologik tuzatish va qiyosiy kuzatuv bilan baholansin. Umumiy ustuvorlik indeksi ushbu dalillarni boshqaruv uchun jamlasin, ularning o‘rnini bosmasin.

Amaliy tavsiya sifatida tanlangan majmualarda qaytariladigan o‘rnatish usullariga asoslangan kichik pilot tarmoq tuzish va kamida bir to‘liq yillik ma’lumot yig‘ish taklif etiladi. Dastlab referens asbob bilan tekshirish, keyin sodda bazaviy usul va XGBoostni qiyoslash bajarilsin. Model operativ qo‘llanishidan oldin mavsumlar va nuqtalar kesimida mustaqil sinovdan o‘tsin; prognoz bilan birga ma’lumot sifati, komponentlar va noaniqlik ko‘rsatilishi ta’minlansin.

Ekologik tadbirlar avvalo tasdiqlangan emissiya yoki chang manbasiga yo‘naltirilsin. Qurilish changini cheklash, transportning bekor ishlashini kamaytirish va hududiy xizmat rejimini o‘zgartirish variantlari merosga va atrof ko‘chalarga ta’siri bo‘yicha baholansin. Namlikni oshiradigan choralar hamda tarixiy sirtni tozalash konservator xulosasisiz indeksdan avtomatik chiqarilmasin. Merosga ta’sir etadigan o‘zgarishlar va ularning muqobil variantlari oldindan baholansin [8]. Rasmiy monitoring, obida boshqaruvi va ilmiy guruhning ma’lumot almashishi muntazam ko‘rik va natijalarni qayta baholashga xizmat qilsin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. UNESCO World Heritage Centre. Samarkand – Crossroad of Cultures [elektron manba]. URL: https://whc.unesco.org/en/list/603 (murojaat sanasi: 09.10.2026).

2. World Health Organization. WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: WHO, 2021. ISBN 978-92-4-003422-8. URL: https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228.

3. Boesgaard C., Hansen B. V., Kejser U. B., Mollerup S. H., Ryhl-Svendsen M., Torp-Smith N. Prediction of the indoor climate in cultural heritage buildings through machine learning: first results from two field tests // Heritage Science. 2022. Vol. 10. Article 176. DOI: 10.1186/s40494-022-00805-3.

4. Kucera V., Tidblad J., Kreislova K. et al. UN/ECE ICP Materials Dose-response Functions for the Multi-pollutant Situation // Water, Air, & Soil Pollution: Focus. 2007. Vol. 7. P. 249–258. DOI: 10.1007/s11267-006-9080-z.

5. Chen T., Guestrin C. XGBoost: A Scalable Tree Boosting System // Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. 2016. P. 785–794. DOI: 10.1145/2939672.2939785. URL: https://arxiv.org/abs/1603.02754.

6. Lundberg S. M., Lee S.-I. A Unified Approach to Interpreting Model Predictions // Advances in Neural Information Processing Systems. 2017. Vol. 30. URL: https://arxiv.org/abs/1705.07874.

7. Copernicus Climate Change Service; ECMWF. ERA5 hourly data on single levels from 1940 to present [ma’lumotlar to‘plami]. DOI:

10.24381/cds.adbb2d47. URL: https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/era5-hourly-data-single-levels-1940-present (murojaat sanasi: 09.10.2026).

8. UNESCO, ICCROM, ICOMOS, IUCN. Guidance and Toolkit for Impact Assessments in a World Heritage Context. Paris: UNESCO, 2022. URL: https://whc.unesco.org/en/guidance-toolkit-impact-assessments/ (murojaat sanasi: 09.10.2026).

9. ICCROM. Risk management for preventive conservation [elektron manba]. URL: https://www.iccrom.org/section/preventive-conservation/risk-management-preventive-conservation (murojaat sanasi: 09.10.2026).

ATROF-MUHITNI MUHOFAZA QILISHNING INTEGRATSIYALASHGAN MATEMATIK-AXBOROT YONDASHUVI: MONITORING, DINAMIK MODELLASHTIRISH, OPTIMALLASHTIRISH VA SUN'IY INTELLEKT

Usanov Yoqub Dilmurod o‘g‘li Samarqand iqtisodiyot va servis instituti akademik litseyi (93) 343 27 91, y_usanov@umail.uz

Annotatsiya. Maqolada atrof-muhitni muhofaza qilish masalalarini yagona tizim sifatida hal etishga imkon beruvchi integratsiyalashgan yondashuv taklif etiladi. Yondashuv besh o‘zaro bog‘liq yo‘nalishni birlashtiradi: monitoring ma’lumotlarini matematik qayta ishlash, ekologik tizimlarning dinamik modellari, optimallashtirish usullari, sun’iy intellekt va ma’lumotlar tahlili hamda dasturiy ta’minot yechimlari. Chiqindilarni kamaytirishning chiziqli dasturlash masalasi sonli misolda yechilgan. Monitoring, model, optimallashtirish va qaror qabul qilish aloqa halqasini yopuvchi dasturiy arxitektura tavsiya etilgan.

Kalit so‘zlar: atrof-muhit monitoringi, dinamik modellashtirish, chiziqli dasturlash, sun’iy intellekt, Kalman filtri, raqamli egizak, dasturiy ta’minot arxitekturasi.

Atrof-muhitni muhofaza qilish bugungi kunda faqat ekologik emas, balki murakkab ilmiy-texnik muammodir. Havo, suv va tuproq holati ko‘plab omillarga bog‘liq, o‘lchovlar esa noaniq, kam va fazoda notekis. Qaror qabul qiluvchilar uchta savolga javob berishlari kerak: hozir holat qanday, bu holat kelgusida qanday o‘zgaradi, va cheklangan resurslar bilan qanday chora-tadbirlar eng samarali bo‘ladi.

Bu savollarning har biriga alohida matematik apparat mos keladi: birinchisiga monitoring va statistik baholash, ikkinchisiga dinamik modellar, uchinchisiga optimallashtirish. Sun’iy intellekt va ma’lumotlar tahlili bu uch bosqichni ma’lumotlarga asoslangan usullar bilan boyitadi, dasturiy ta’minot esa ularni amaliyotga joriy etish vositasi bo‘lib xizmat qiladi. Ko‘pincha bu yo‘nalishlar alohida-alohida o‘rganiladi va natijada monitoring ma’lumotlari modellarga, modellar esa boshqaruv qarorlariga bog‘lanmay qoladi.

Maqolaning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat: kritik emissiya darajasini ekotizim modelining parametrlari orqali ifodalovchi analitik munosabat; modelning ko‘rsatkichini optimallashtirish masalasining cheklovi sifatida ishlatish sxemasi; monitoring, model, optimallashtirish va sun’iy intellektni bog‘lovchi dasturiy arxitektura.

Taklif etilayotgan yondashuvni yopiq boshqaruv halqasi ko‘rinishida tasvirlash mumkin:

Monitoring - sensorlar, laboratoriya tahlillari va sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlaridan holatni baholash.

Ma’lumotlar assimilyatsiyasi - o‘lchovlar va model natijalarini birlashtirib, holatning eng yaxshi bahosini olish.

Dinamik model - holatning kelgusi o‘zgarishini bashorat qilish.

Optimallashtirish - bashorat va cheklovlar asosida chora-tadbirlar rejasini topish.

Qaror va joriy etish - rejani amalga oshirish, natijani yana monitoring orqali kuzatish.

Bu halqaning har bir bosqichi keyingisiga kirish ma’lumotini beradi, shu bilan tizim o‘z-o‘zini tuzatuvchi bo‘ladi. Bunday tuzilma texnikada raqamli egizak (digital twin) deb ataladi: real obyektning hisoblash modeli o‘lchovlar bilan doimiy yangilanib turadi va uning yordamida turli stsenariylar sinab ko‘riladi.

Monitoring ma’lumotlari ko‘pincha shovqinli, bo‘shliqli va chetlanishlarga ega. Dastlabki qayta ishlash fizik jihatdan mumkin bo‘lmagan qiymatlarni olib tashlash, chetlanishlarni (Tukey qoidasi, mediananing absolyut og‘ishi) aniqlash va yetishmayotgan qiymatlarni tiklashni o‘z ichiga oladi. Atrof-muhit ma’lumotlari odatda o‘ng tomonga assimetrik taqsimlanganligi sababli, o‘rtacha qiymat o‘rniga mediana va geometrik o‘rtacha ishonchliroq. Trendni baholashda parametrik bo‘lmagan Mann–Kendall mezoni va Sen qiyaligi qo‘llaniladi.

Monitoring postlari orasidagi hududlarda konsentratsiyani baholash uchun kriging qo‘llaniladi:

$$Z*(x0) = \Sigma\, \lambda_i \cdot Z(x_i), \Sigma\, \lambda_i = 1$$

bu yerda vaznlar λ_i eksperimental variogramma $\gamma(h) = 1/(2N(h)) \cdot \Sigma\,[Z(x_i + h) - Z(x_i)]^2$ ga moslashtirilgan nazariy model orqali baho dispersiyasini minimallashtirish shartidan topiladi. Krigingning muhim afzalligi - har bir nuqta uchun noaniqlik bahosining mavjudligi. Bu keyingi bosqichlarda (optimallashtirishda) yangi post joylashuvini asoslash uchun ishlatiladi.

3.3. Kalman filtri orqali birlashtirish

Holat modeli va o‘lchov modeli quyidagicha yoziladi:

$$x_k = F \cdot x_(k-1) + w_k, z_k = H \cdot x_k + v_k$$

Kalman filtri bashorat va tuzatish qadamlari orqali holatning eng yaxshi bahosini beradi:

$$\hat{x}^- = F \cdot \hat{x}, P^- = F \cdot P \cdot F^{\mathrm{T}} + Q$$

$$K = P^- \cdot H^{\mathrm{T}} \cdot (H \cdot P^- \cdot H^{\mathrm{T}} + R)^{-1}, \hat{x} = \hat{x}^- + K \cdot (z - H \cdot \hat{x}^-)$$

Nochiziq tizimlar uchun kengaytirilgan va ansambl Kalman filtrlari qo‘llaniladi. Bu bosqich monitoring bilan dinamik modelni bog‘lovchi ko‘prik vazifasini bajaradi.

Ekotizimga ifloslantiruvchi ta’sirini baholash uchun klassik Lotka-Volterra modelini toksikant bilan kengaytiramiz. Bu yerda x - o‘lja (masalan, plankton yoki o‘txo‘r hayvonlar), y - yirtqich, T - muhitdagi ifloslantiruvchi konsentratsiyasi:

$$dx/dt = r \cdot x \cdot (1 - x/K) - a \cdot x \cdot y - \mu \cdot T \cdot x$$
$$dy/dt = -m \cdot y + b \cdot a \cdot x \cdot y - \nu \cdot T \cdot y$$
$$dT/dt = E - \delta \cdot T$$

Parametrlar ma’nosi: r - o‘ljaning o‘sish tezligi, K - muhit sig‘imi, a - yirtqichning o‘ljani tutish koeffitsiyenti, b - biomassani o‘zgartirish samaradorligi, m -yirtqichning tabiiy o‘lim tezligi, μ va ν - toksikantning mos ravishda o‘lja va yirtqichga ta’sir koeffitsiyentlari, E - ifloslantiruvchining muhitga tushish tezligi (emissiya), δ - muhitning o‘z-o‘zini tozalash tezligi.

Uchinchi tenglamadan statsionar konsentratsiya $T* = E/\delta$ topiladi. Uni kiritib, samarali parametrlar belgilanadi: $r' = r - \mu \cdot T* va\, m' = m + \nu \cdot T*$. Birgalikda yashash muvozanati quyidagicha:

$$x* = m' / (b \cdot a), y* = (r' - r \cdot x*/K) / a$$

Muvozanat biologik ma’noga ega bo‘lishi uchun $0 < x* < K \cdot r'/r$ shart bajarilishi kerak. Bu muvozanatdagi Yakobi matritsasining izi $-r \cdot x*/K < 0$, determinanti esa $b \cdot a^2 \cdot x* \cdot y* > 0$ ga teng, ya’ni (x, y) qism tizimi uchun muvozanat asimptotik barqaror.

Ifloslanish ortgani sari $x*$ o‘sadi (chunki m’ ortadi), r' esa kamayadi, natijada yirtqich yo‘qolish chegarasiga yaqinlashadi. Chegara $x* = K \cdot r'/r$ tenglikdan aniqlanadi. Uni T uchun yechsak:

$$T_crit = (b \cdot a \cdot K - m) / (\nu + b \cdot a \cdot K \cdot \mu / r)$$

bu ifoda $b \cdot a \cdot K > m$ bo‘lgandagina (ifloslanmagan sharoitda yirtqich yashay olganda) musbat qiymat beradi. Mos kritik emissiya:

$$E_crit = \delta \cdot T_crit$$

Bu natijaning amaliy ma’nosi shundaki, ekotizim uchun xavfsiz emissiya chegarasi uning biologik parametrlari va muhitning o‘z-o‘zini tozalash qobiliyati orqali ochiq formulada ifodalanadi. $E < E_crit$ sharti keyingi bo‘limda optimallashtirish masalasining cheklovi sifatida ishlatiladi. Parametrlar monitoring ma’lumotlaridan (masalan, eng kichik kvadratlar yoki Bayes usuli bilan) baholanadi.

Daryolardagi organik ifloslanish uchun Streeter–Felps modeli kislorod tanqisligi $D(t)$ uchun yechim beradi:

$$D(t) = kd \cdot L0/(ka - kd) \cdot (e\text{^}(-kd \cdot t) - e\text{^}(-ka \cdot t)) + D0 \cdot e\text{^}(-ka \cdot t)$$

bu yerda $L0$ – boshlang‘ich biokimyoviy kislorod sarfi, kd - kislorod sarflanish, ka – qayta aeratsiya konstantalari. Bu model chiqindi suv tashlash joyidan quyida kritik nuqtani aniqlashga imkon beradi.

Quyidagi masalani ko‘rib chiqamiz, bir nechta ifloslanish manbai bor va ularning har biridan chiqindini kamaytirish turli xarajat talab qiladi. Maqsad - belgilangan sifat talablariga eng kam xarajat bilan erishishdir. x_j - j-manbada chiqindini kamaytirish hajmi (tonna/yil), c_j - 1 tonnani kamaytirish xarajati, a_j - j-manbaning nazorat nuqtasidagi konsentratsiyaga ta’sir koeffitsiyenti bo‘lsin. Chiziqli dasturlash masalasi:

$$min\ \Sigma\ c_j\ \cdot\ x_j$$

$$\Sigma\ x_j\ \geq\ X_min, \Sigma\ a_j\ \cdot\ x_j\ \geq\ \Delta C_min, 0\ \leq\ x_j\ \leq\ x_j\text{^}max$$

Birinchi cheklov umumiy kamaytirish rejasini, ikkinchisi nazorat nuqtasida sifat talabini, uchinchisi texnik imkoniyatlarni ifodalaydi. Ikkinchi cheklov 4.3-bo‘limdagi $E\ <\ E_crit$ shartidan kelib chiqishi mumkin.

Xulosa sifatida shuni aytish mumkinki, maqolada atrof-muhitni muhofaza qilishning besh asosiy yo‘nalishi - monitoring matematik usullari, ekologik tizimlarni dinamik modellashtirish, optimallashtirish, sun’iy intellekt va ma’lumotlar tahlili hamda dasturiy ta’minot - yagona yopiq halqaga birlashtirildi. Asosiy natijalar:

Monitoring ma’lumotlarini statistik tozalash, kriging va Kalman filtri orqali modelga mos holat bahosiga aylantirish sxemasi ko‘rsatildi.

Ifloslantiruvchi ta’siridagi yirtqich–o‘lja tizimi uchun kritik ifloslanish darajasi $T_crit\ =\ (b\cdot a\cdot K\ -\ m)/(v\ +\ b\cdot a\cdot K\cdot \mu/r)$ va kritik emissiya $E_crit\ =\ \delta\cdot T_$crit analitik ifodalari olindi.

Kritik emissiya optimallashtirish masalasining cheklovi sifatida ishlatildi; sonli misolda sifat cheklovi hisobga olinganda optimal xarajat 3000 birlikka teng ekanligi ko‘rsatildi.

Sun’iy intellekt usullari dinamik modellar bilan gibrid tarzda qo‘llanganda aniqlik va ishonchlilik oshishi asoslandi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Murray J. D. *Mathematical Biology I: An Introduction*. 3rd ed. New York: Springer, 2002.

2. Hallam T. G., Clark C. E., Jordan G. S. Effects of toxicants on populations: a qualitative approach II. First order kinetics // *Journal of Mathematical Biology*, 1983, 18, pp. 25–37.

3. Streeter H. W., Phelps E. B. *A Study of the Pollution and Natural Purification of the Ohio River*. Public Health Bulletin No. 146. Washington: U.S. Public Health Service, 1925.

4. Seinfeld J. H., Pandis S. N. *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*. Hoboken: Wiley (turli nashrlar).

5. Cressie N. *Statistics for Spatial Data*. New York: Wiley, 1993.

6. Kalman R. E. A new approach to linear filtering and prediction problems // *Journal of Basic Engineering*, 1960, 82(1), pp. 35–45.

7. Hillier F. S., Lieberman G. J. *Introduction to Operations Research*. New York: McGraw-Hill (turli nashrlar).

8. Deb K., Pratap A., Agarwal S., Meyarivan T. A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II // *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 2002, 6(2), pp. 182–197.

9. Breiman L. Random forests // *Machine Learning*, 2001, 45, pp. 5–32.

10. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long short-term memory // *Neural Computation*, 1997, 9(8), pp. 1735–1780.

BARQAROR TURIZMNI RIVOJLANTIRISHDA BIG DATA TEXNOLOGIYALARIDAN FOYDALANISH

Olimjonova M.O. – mustaqil izlanuvchi

Annotatsiya. Mazkur tezisda barqaror turizmni rivojlantirish jarayonida Big Data texnologiyalaridan foydalanishning ahamiyati yoritilgan. Turistik oqimlar, turistlarning xulq-atvori, transport harakati, joylashtirish vositalari faoliyati, tabiiy resurslardan foydalanish hamda ekologik yuklama to‘g‘risidagi katta hajmdagi ma’lumotlarni tahlil qilish imkoniyatlari ko‘rib chiqilgan. Big Data asosida turistik destinatsiyalarda resurslardan samarali foydalanish, turistlar oqimini muvofiqlashtirish va atrof-muhitga salbiy ta’sirni kamaytirish bo‘yicha takliflar ishlab chiqilgan.

Kalit so‘zlar: barqaror turizm, Big Data, katta ma’lumotlar, raqamli texnologiyalar, turistik destinatsiya, ekologik barqarorlik, turistik oqim, aqlli turizm, ma’lumotlar tahlili.

Jahon turizm bozorida raqamli transformatsiya jarayonlarining jadallashuvi turistik faoliyatni tashkil etish va boshqarishning an’anaviy mexanizmlarini qayta ko‘rib chiqishni taqozo etmoqda. Hozirgi vaqtda turistning sayohatni rejalashtirishidan boshlab transport va joylashtirish xizmatlarini tanlashi, destinatsiyada harakatlanishi, turistik obyektlarga tashrif buyurishi, turli xizmatlardan foydalanishi hamda sayohatdan keyingi taassurotlarini raqamli platformalarda ifodalashigacha bo‘lgan jarayonning deyarli barcha bosqichlarida katta hajmdagi raqamli ma’lumotlar shakllanmoqda. Ushbu ma’lumotlar turizm bozoridagi talab va taklif holatini aniqlash bilan bir qatorda, turistik destinatsiyalarda yuz berayotgan iqtisodiy, ekologik va ijtimoiy jarayonlarni chuqur tahlil qilish uchun muhim axborot manbai bo‘lib xizmat qiladi. Shu sababli barqaror turizm konsepsiyasini zamonaviy ma’lumotlar tahlili texnologiyalari bilan uyg‘unlashtirish bugungi kunda turizm sohasining dolzarb ilmiy-amaliy yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi.

Barqaror turizmning mohiyati turizm faoliyatining iqtisodiy samaradorligini ta’minlash bilan bir vaqtda tabiiy va madaniy resurslarni asrab-avaylash, mahalliy aholining manfaatlarini hisobga olish, turistik hududlarning mavjud sig‘imidan oqilona foydalanish va kelajak avlodlar uchun turistik resurslar salohiyatini saqlab qolishga asoslanadi. Biroq ushbu vazifalarni samarali amalga oshirish uchun faqat an’anaviy statistik hisobotlar asosidagi retrospektiv tahlil yetarli

emas. Turistik talab va oqimlar tez o‘zgarayotgan zamonaviy sharoitda real vaqtga yaqin shakllanadigan, turli manbalardan olinadigan va katta hajmga ega ma’lumotlarni qayta ishlash zarurati yuzaga kelmoqda. Shu nuqtayi nazardan, Big Data texnologiyalari turizmni barqaror rivojlantirish va destinatsiyalarni samarali boshqarishning yangi axborot-analitik asosini shakllantirish imkonini beradi.

Big Data hajmi katta, shakllanish tezligi yuqori hamda tuzilishi turlicha bo‘lgan ma’lumotlarni yig‘ish, saqlash, qayta ishlash va tahlil qilishga qaratilgan texnologik hamda analitik vositalar majmuasi sifatida qaraladi. Uning asosiy xususiyatlari ilmiy adabiyotlarda Volume, Velocity, Variety, Veracity va Value, ya’ni ma’lumotlar hajmi, shakllanish tezligi, xilma-xilligi, ishonchliligi va amaliy qiymati kabi mezonlar orqali ifodalanadi. Mazkur xususiyatlar turizm sohasida ayniqsa yaqqol namoyon bo‘ladi, chunki turizmga oid ma’lumotlar davlat statistikasi, joylashtirish vositalari, transport tashkilotlari, onlayn bronlash platformalari, elektron to‘lov tizimlari, mobil operatorlar, ijtimoiy tarmoqlar, GPS va GIS platformalari, meteorologik kuzatuvlar hamda ekologik monitoring tizimlari orqali uzluksiz shakllanib boradi. Turistlarning anonimlashtirilgan geolokatsion ma’lumotlari, mehmonxona bronlari, transport harakati, turistik obyektlarga tashriflar, elektron xaridlar, onlayn sharhlar, suv va energiya iste’moli hamda chiqindilar to‘g‘risidagi ma’lumotlarni o‘zaro integratsiyalash turistik destinatsiya faoliyatini kompleks va dinamik baholash imkoniyatlarini sezilarli darajada kengaytiradi.

Big Data texnologiyalarining barqaror turizm uchun ahamiyati iqtisodiy, ekologik va ijtimoiy barqarorlikning o‘zaro uyg‘unligini ta’minlash imkoniyati bilan belgilanadi. Iqtisodiy jihatdan katta ma’lumotlar turistik talabni aniqroq prognozlash, xizmatlarga bo‘lgan ehtiyojni aniqlash, mavsumiy tebranishlarni baholash, joylashtirish vositalarining bandligini optimallashtirish hamda investitsiya qarorlarini asoslashga xizmat qiladi. Turistlarning xarajatlari, tashrif davomiyligi, tanlagan xizmatlari va harakatlanish xususiyatlarini tahlil qilish orqali hududda yuqori qo‘shilgan qiymat yaratuvchi turistik mahsulot va xizmatlarni rivojlantirish imkoniyati paydo bo‘ladi. Ekologik jihatdan esa Big Data turistik faoliyat natijasida tabiiy resurslarga tushayotgan bosimni monitoring qilish, suv va energiya iste’molini nazorat qilish, chiqindilar hajmi va transport yuklamasini baholash, shuningdek, ekologik xavf yuqori bo‘lgan hududlarni oldindan aniqlash imkonini beradi. Ijtimoiy jihatdan mahalliy aholining turizmga munosabati, turistlar va rezidentlar o‘rtasidagi makoniy munosabatlar, xizmatlar sifati, bandlik hamda turizm rivojlanishidan olinayotgan ijtimoiy-iqtisodiy manfaatlarni tahlil qilish uchun zarur axborot bazasi shakllanadi.

Turistik destinatsiyalarda barqarorlikka ta’sir etuvchi muhim omillardan biri turistlar oqimining makon va vaqt bo‘yicha notekis taqsimlanishidir. Turistlarning ma’lum mavsumlarda yoki kunning muayyan vaqtida bir nechta mashhur obyektlarda haddan tashqari to‘planishi hududning rekreatsion sig‘imidan ortiq yuklama yuzaga keltirishi, transport tirbandligi, chiqindilar hajmining ortishi, xizmat ko‘rsatish sifatining pasayishi hamda tarixiy va tabiiy

obyektlarga antropogen bosimning kuchayishiga olib kelishi mumkin. An’anaviy statistik kuzatuvlar asosan turistlarning umumiy sonini qayd etsa, Big Data asosidagi tahlil turistlarning destinatsiya ichidagi real harakatlanish yo‘nalishlari, tashrif vaqti, obyektlarda qolish davomiyligi va turistlar konsentratsiyasi yuqori bo‘lgan hududlarni aniqlash imkonini beradi. Mobil geolokatsiya, GPS, elektron chiptalar va obyektlarga kirish tizimlaridan olinadigan anonimlashtirilgan ma’lumotlar asosida turistlar harakatining makon-vaqt modeli shakllantirilishi mumkin. Bu esa pik tashrif davrlarini aniqlash, obyektlarning real turistik yuklamasini baholash, muqobil marshrutlarni shakllantirish hamda turistlar oqimini kamroq tashrif buyuriladigan obyektlarga yo‘naltirish imkonini yaratadi.

Turizmning ekologik ta’sirini baholashda faqat turistlar soniga tayanish yetarli emas, chunki bir xil miqdordagi turist turli destinatsiyalarda tabiiy resurslarning mavjudligi, infratuzilma sig‘imi, tashrif davomiyligi, transportdan foydalanish shakli va iste’mol xususiyatlariga qarab turlicha ekologik yuklama hosil qiladi. Shu sababli turistik destinatsiyaning ekologik barqarorligini baholashda turistlar zichligi, bir turist hisobiga suv va elektr energiyasi iste’moli, hosil bo‘ladigan chiqindilar miqdori, transport yuklamasi, turizm bilan bog‘liq uglerod chiqindilari va turistik obyektlarning maqbul tashrif sig‘imidan foydalanish darajasi kabi ko‘rsatkichlarni o‘zaro bog‘liq holda monitoring qilish maqsadga muvofiq. Xususan, turistik obyektning yuklanish darajasini amaldagi tashrif buyuruvchilar sonining obyektning maqbul tashrif sig‘imiga nisbati orqali aniqlash mumkin. Agar real yuklama belgilangan maqbul chegaradan muntazam ravishda yuqori bo‘lsa, turistlar oqimini vaqt yoki makon bo‘yicha qayta taqsimlash, elektron navbat va oldindan bronlash tizimlarini qo‘llash, tashrif vaqtlarini differensiallashtirish hamda muqobil turistik obyektlarni targ‘ib qilish zarurati yuzaga keladi.

Katta ma’lumotlardan samarali foydalanish ularni faqat yig‘ish va saqlash bilan cheklanmaydi, balki mazkur ma’lumotlarni boshqaruv qarorlariga aylantirishni talab qiladi. Shu jihatdan turizmda Big Data tahlilini deskriptiv, diagnostik, prediktiv va preskriptiv bosqichlarning o‘zaro bog‘liqligi asosida tashkil etish maqsadga muvofiq. Deskriptiv tahlil turistlar soni, tashrif davomiyligi, mehmonxonalarning bandligi, transport oqimi va resurslar iste’molining mavjud holatini aniqlashga xizmat qilsa, diagnostik tahlil ushbu o‘zgarishlarning sabablarini aniqlash imkonini beradi. Prediktiv tahlil tarixiy va joriy ma’lumotlar asosida kelajakdagi turistik oqim, mehmonxona bandligi, transport yuklamasi va ekologik bosimni prognozlashga xizmat qiladi. Preskriptiv tahlil esa prognoz natijalaridan kelib chiqib, turistlar oqimini qayta taqsimlash, resurslardan foydalanishni optimallashtirish va infratuzilmani rivojlantirish bo‘yicha eng maqbul boshqaruv choralarini aniqlash imkonini beradi. Shunday qilib, barqaror turizmni boshqarishda Big Data texnologiyalarining asosiy qiymati mavjud holatni qayd etishdan kelajakdagi jarayonlarni oldindan baholash va tegishli boshqaruv qarorlarini shakllantirishga o‘tishda namoyon bo‘ladi.

Big Data texnologiyalarini sun’iy intellekt, mashinaviy o‘qitish, GIS va IoT vositalari bilan integratsiyalash ushbu imkoniyatlarni yanada kengaytiradi. GIS turistik jarayonlarning makoniy xususiyatlarini aniqlash va xaritalash imkonini bersa, sun’iy intellekt va mashinaviy o‘qitish katta hajmdagi ma’lumotlar orasidagi yashirin qonuniyatlarni aniqlash, turistlarning xatti-harakatlarini segmentlash va kelajakdagi o‘zgarishlarni prognozlashga xizmat qiladi. Masalan, oldingi davrlardagi tashriflar, ob-havo, transport holati, mehmonxona bronlari, tadbirlar kalendari va internet qidiruv faolligiga oid ma’lumotlar yagona tizimda qayta ishlansa, ma’lum hudud yoki obyektga kelgusi davrda kutilayotgan turistlar oqimini oldindan baholash imkoniyati yuzaga keladi. Bu esa transport, xavfsizlik, kommunal xizmatlar, ovqatlanish, sanitariya va boshqa turistik xizmatlarni oldindan rejalashtirish uchun muhim asos yaratadi.

O‘zbekiston sharoitida Big Data texnologiyalaridan foydalanish turizm geografiyasining kengayishi va yirik turistik markazlarda tashriflar sonining ortib borishi nuqtayi nazaridan alohida ahamiyat kasb etadi. Samarqand, Buxoro, Xiva va Toshkent kabi turistlar oqimi yuqori bo‘lgan destinatsiyalarda tashrif buyuruvchilarning asosiy diqqatga sazovor joylarda konsentratsiyalashuvi transport, sanitariya, kommunal xizmatlar va tarixiy-madaniy obyektlarning sig‘imiga qo‘shimcha yuklama keltirib chiqarishi mumkin. Shu sababli turizm samaradorligini faqat tashrif buyuruvchilar sonining o‘sishi orqali emas, balki turistlar oqimining hududiy va vaqt bo‘yicha optimal taqsimlanishi, resurslar sarfi, xizmat ko‘rsatish sifati hamda ekologik barqarorlik ko‘rsatkichlari bilan birgalikda baholash zarur. Masalan, Samarqand shahridagi yuqori tashrifli turistik obyektlar bo‘yicha soatlik va kunlik tashriflar dinamikasini transport oqimlari, mehmonxona bronlari va turistik marshrutlar haqidagi ma’lumotlar bilan integratsiyalash kelgusidagi yuklamani prognozlashga yordam beradi. Olingan natijalar asosida turistlar oqimining bir qismini muqobil tarixiy-madaniy obyektlar, gastronomik maskanlar, hunarmandchilik markazlari, qishloq va ekologik turizm hududlariga yo‘naltirish nafaqat asosiy obyektlarga tushadigan yuklamani kamaytiradi, balki turizmdan olinadigan iqtisodiy manfaatlarning hududiy taqsimlanishini ham yaxshilaydi.

Tadqiqot natijalaridan kelib chiqib, turistik destinatsiyalarni boshqarishda Big Data asosidagi “Data – Analytics – Forecast – Decision – Monitoring” integratsiyalashgan yondashuvini qo‘llash maqsadga muvofiq. Ushbu yondashuv doirasida dastlab turistik oqim, transport, joylashtirish vositalari, turistik obyektlar, resurslar iste’moli va ekologik holatga oid ma’lumotlar yagona axborot muhitida shakllantiriladi, keyingi bosqichda ular tozalanib, standartlashtirilib va integratsiyalashib, statistik, makoniy hamda intellektual tahlil vositalari yordamida qayta ishlanadi. Olingan natijalar asosida turistlar oqimi, infratuzilma yuklamasi, resurslarga talab va ekologik xavflarning istiqboldagi holati prognoz qilinadi, so‘ngra turistlar oqimini tartibga solish, transportni optimallashtirish, infratuzilmani joylashtirish, investitsiya yo‘nalishlarini belgilash va ekologik xavflarni kamaytirish bo‘yicha boshqaruv qarorlari qabul qilinadi. Yakuniy

bosqichda qabul qilingan qarorlarning natijalari doimiy monitoring qilinib, real ko‘rsatkichlarning o‘zgarishiga muvofiq boshqaruv mexanizmlariga tuzatishlar kiritiladi. Mazkur yondashuvning asosiy afzalligi ma’lumotlarni oddiy yig‘ish va statistik qayd etishdan ma’lumotlarga asoslangan adaptiv destinatsiya boshqaruviga o‘tish imkoniyatini yaratishidir.

Shu bilan birga, Big Data texnologiyalarini turizm amaliyotiga joriy etish bir qator tashkiliy, texnologik va huquqiy masalalarni hal etishni talab qiladi. Turizmga oid ma’lumotlarning turli davlat idoralari, korxonalar va raqamli platformalarda alohida shakllanishi ularning o‘zaro integratsiyasini murakkablashtiradi, ma’lumotlarning sifati va yangilanish davriyligidagi farqlar esa tahlil natijalarining aniqligiga ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Bundan tashqari, katta hajmdagi ma’lumotlarni qayta ishlash uchun zamonaviy raqamli infratuzilma, analitik platformalar va tegishli malakaga ega mutaxassislar talab etiladi. Turistlarning geolokatsiyasi, xaridlari va raqamli xatti-harakatlariga oid ma’lumotlardan foydalanishda shaxsiy ma’lumotlarni himoya qilish, anonimlashtirish va axborot xavfsizligini ta’minlash tamoyillariga qat’iy rioya etish ham alohida ahamiyat kasb etadi. Shu sababli Big Data asosidagi turizm boshqaruvi imkon qadar ko‘p ma’lumot yig‘ishga emas, balki sifatli, ishonchli, zarur va qonuniy asosda olingan anonimlashtirilgan ma’lumotlardan maqsadli foydalanishga asoslanishi lozim.

Xulosa qilib aytganda, Big Data texnologiyalari barqaror turizmni rivojlantirishda turistik jarayonlarni chuqur o‘rganish, turistik oqimlarni makon va vaqt kesimida kuzatish, talab dinamikasini prognozlash, turistik obyektlarning yuklanish darajasini baholash, tabiiy resurslar iste’molini nazorat qilish hamda transport va ekologik yuklamani boshqarishning samarali vositasi sifatida namoyon bo‘ladi. Big Data’ni GIS, sun’iy intellekt, IoT va prediktiv analitika bilan integratsiyalash turizmni retrospektiv statistik ma’lumotlarga asoslangan boshqaruvdan real vaqtga yaqin axborot va prognozlarga asoslangan boshqaruv tizimiga o‘tkazish imkonini beradi. O‘zbekiston sharoitida turizmga oid ma’lumotlarni integratsiyalovchi yagona axborot muhitini shakllantirish, destinatsiyalar kesimida iqtisodiy, ekologik va ijtimoiy barqarorlik indikatorlarini muntazam monitoring qilish, turistlar oqimi va ekologik yuklamani prognozlovchi analitik modellarni joriy etish hamda davlat organlari, turizm biznesi va raqamli platformalar o‘rtasidagi ma’lumot almashinuvini takomillashtirish maqsadga muvofiq. Shu nuqtayi nazardan, Big Data texnologiyalaridan foydalanishni turizmni raqamlashtirishning alohida elementi sifatida emas, balki “ma’lumot – tahlil – prognoz – boshqaruv qarori – monitoring” uzluksiz sikliga asoslangan barqaror destinatsiya boshqaruvining zamonaviy mexanizmi sifatida qarash lozim.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2026-yil 30-apreldagi PQ–161-son “Hududlarda turizm infratuzilmasini jadal rivojlantirish va sohada loyiha boshqaruvi tizimini joriy etish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi Qarori.
2. O‘zbekiston Respublikasi Milliy statistika agentligi. O‘zbekiston Respublikasida turizm sohasiga oid rasmiy statistik ma’lumotlar.
3. O‘zbekiston Respublikasi Turizm qo‘mitasi. O‘zbekistonda turizmni rivojlantirish, turistik oqimlar va turizm infratuzilmasiga oid rasmiy ma’lumotlar.
4. UNWTO. Indicators of Sustainable Development for Tourism Destinations: A Guidebook. – Madrid: World Tourism Organization, 2004. 507 p.
5. United Nations. Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. – New York: United Nations, 2015.

EKOTURIZMNI RIVOJLANTIRISHDA SUN’IY INTELLEKT TEXNOLOGIYALARIDAN FOYDALANISH ISTIQBOLLARI

Olimjonova M.O.- mustaqil izlanuvchi

Annotatsiya. Mazkur tezisda ekoturizmni barqaror rivojlantirish jarayonida sun’iy intellekt texnologiyalaridan foydalanishning nazariy va amaliy jihatlari tadqiq etilgan. Sun’iy intellekt, mashinaviy o‘qitish, kompyuter ko‘rishi, prediktiv tahlil, geografik axborot tizimlari va katta ma’lumotlar texnologiyalarini ekoturizm bilan integratsiyalash orqali tabiiy hududlarning rekreatsion yuklamasini monitoring qilish, turistlar oqimini prognozlash va tartibga solish, ekologik xavflarni aniqlash, tabiiy resurslardan oqilona foydalanish hamda turistlar uchun ekologik xavfsiz marshrutlarni shakllantirish imkoniyatlari asoslangan. O‘zbekiston ekoturistik hududlarida sun’iy intellektga asoslangan raqamli monitoring va boshqaruv tizimini shakllantirishning ustuvor yo‘nalishlari taklif etilgan.

Kalit so‘zlar: ekoturizm, sun’iy intellekt, barqaror turizm, raqamli texnologiyalar, mashinaviy o‘qitish, ekologik monitoring, turistik oqim, GIS, Big Data, rekreatsion yuklama, ekologik xavfsizlik.

Zamonaviy turizm industriyasida ekologik barqarorlikni ta’minlash, tabiiy resurslardan oqilona foydalanish va biologik xilma-xillikni saqlash masalalari turistik destinatsiyalarni rivojlantirishning muhim shartlaridan biriga aylanmoqda. Turistik oqimlarning kengayishi bir tomondan hududlarning iqtisodiy faolligini oshirish, mahalliy aholi bandligini ta’minlash va yangi turistik xizmatlarni rivojlantirish uchun imkoniyat yaratsa, ikkinchi tomondan tabiiy landshaftlar, suv resurslari, o‘simlik va hayvonot dunyosiga antropogen bosimning kuchayishiga sabab bo‘lishi mumkin. Ayniqsa, ekologik jihatdan sezgir tabiiy hududlarda turistlar oqimining tartibsiz o‘sishi tuproq degradatsiyasi, chiqindilar hajmining ko‘payishi, o‘simlik qoplamining zararlanishi, hayvonlarning tabiiy yashash muhitiga salbiy ta’sir va suv resurslaridan ortiqcha

foydalanish kabi muammolarni yuzaga keltiradi. Shu sababli ekoturizmni rivojlantirishda iqtisodiy manfaatlar bilan ekologik cheklovlar o‘rtasidagi muvozanatni ta’minlash zamonaviy boshqaruvning ustuvor vazifalaridan hisoblanadi.

Ekoturizmning an’anaviy turizm shakllaridan asosiy farqi tabiiy hududlarga mas’uliyatli sayohat qilish, atrof-muhitni muhofaza qilish, mahalliy aholining ijtimoiy-iqtisodiy manfaatlarini qo‘llab-quvvatlash va turistlarda ekologik madaniyatni shakllantirish tamoyillariga asoslanishidir. Mazkur tamoyillarni amalda ta’minlash uchun ekoturistik hududlar to‘g‘risida aniq va tezkor ma’lumotlarga ega bo‘lish, hududlarning ekologik holatini muntazam monitoring qilish hamda turistlar oqimini mavjud rekreatsion imkoniyatlarga muvofiq boshqarish talab etiladi. Bunday sharoitda sun’iy intellekt texnologiyalari katta hajmdagi ekologik va turistik ma’lumotlarni qayta ishlash, mavjud holatni baholash, yashirin qonuniyatlarni aniqlash va istiqboldagi o‘zgarishlarni prognozlash imkonini beruvchi samarali vosita sifatida namoyon bo‘ladi.

Sun’iy intellekt texnologiyalarining ekoturizm sohasidagi ahamiyati turli manbalardan shakllanadigan ma’lumotlarni o‘zaro bog‘liq holda qayta ishlash imkoniyati bilan belgilanadi. Ekoturistik hududlarda meteorologik kuzatuvlar, sun’iy yo‘ldosh tasvirlari, dronlar, GPS qurilmalari, GIS platformalari, ekologik sensorlar, foto va videokuzatuv vositalari, turistlarning anonimlashtirilgan harakatlanish ma’lumotlari, elektron chiptalar, bronlash tizimlari va mobil ilovalar orqali katta hajmdagi ma’lumotlar shakllanishi mumkin. Ushbu ma’lumotlarning sun’iy intellekt algoritmlari yordamida qayta ishlanishi tabiat hududlarining ekologik holatini real vaqtga yaqin kuzatish, turistik yuklama yuqori bo‘lgan zonalarni aniqlash, xavfli tendensiyalarni oldindan baholash va boshqaruv choralarini tezkor ishlab chiqish imkonini yaratadi.

Ekoturizmni rivojlantirishda sun’iy intellektdan foydalanishning eng muhim yo‘nalishlaridan biri turistik oqimlarni prognozlash va rekreatsion yuklamani tartibga solishdir. Ekologik jihatdan sezgir hududlarda turistlarning ma’lum mavsum yoki vaqt oralig‘ida haddan tashqari to‘planishi tabiiy ekotizimning tiklanish imkoniyatidan yuqori bosimni yuzaga keltirishi mumkin. An’anaviy monitoring tizimlari ko‘pincha tashrif buyuruvchilar sonini qayd etish bilan cheklansa, sun’iy intellektga asoslangan prediktiv modellar avvalgi tashriflar dinamikasi, ob-havo sharoiti, mavsumiylik, transport imkoniyatlari, dam olish kunlari, tadbirlar va bronlash ma’lumotlarini birgalikda tahlil qilish orqali kelajakdagi turistlar oqimini oldindan baholash imkonini beradi. Prognoz natijalariga muvofiq elektron bronlash kvotalarini belgilash, tashrif vaqtlarini differensiallashtirish, turistlarni muqobil marshrutlarga yo‘naltirish va ekologik jihatdan yuqori xavfli zonalarga kirishni vaqtincha cheklash mumkin.

Sun’iy intellekt texnologiyalarining yana bir istiqbolli yo‘nalishi biologik xilma-xillikni monitoring qilish bilan bog‘liq. Kompyuter ko‘rishi algoritmlari dron, fototuzoq va videokuzatuv vositalaridan olingan tasvirlar asosida hayvonlar va o‘simliklar turlarini aniqlash, ularning soni va hududiy tarqalishidagi

o‘zgarishlarni kuzatish imkoniyatiga ega. Bu esa muhofaza qilinadigan tabiiy hududlarda turistik faoliyatning biologik resurslarga ta’sirini muntazam baholash uchun muhimdir. Masalan, turistlar harakati natijasida ayrim hayvon turlarining yashash hududlari o‘zgarishi yoki ularning faolligi pasayishi aniqlansa, tegishli marshrutlarni mavsumiy o‘zgartirish, ayrim zonalarni vaqtincha yopish yoki turistlarning harakatlanish masofasiga cheklovlar belgilash mumkin. Shu tariqa sun’iy intellekt turistik faoliyat va tabiatni muhofaza qilish manfaatlari o‘rtasidagi muvozanatni ta’minlashga xizmat qiladi.

Sun’iy intellekt asosidagi ekologik monitoring tabiiy xavflarni boshqarishda ham muhim ahamiyat kasb etadi. Tog‘li va cho‘l hududlarida ekoturizmni tashkil etishda keskin ob-havo o‘zgarishlari, sel, ko‘chki, yong‘in, kuchli shamol, suv tanqisligi yoki ekstremal harorat kabi xavflar mavjud. Meteorologik ma’lumotlar, sun’iy yo‘ldosh tasvirlari, relyef xususiyatlari va oldingi favqulodda holatlar to‘g‘risidagi ma’lumotlarni mashinaviy o‘qitish algoritmlari yordamida tahlil qilish xavf darajasi yuqori bo‘lgan hududlarni aniqlash va turistlarni oldindan ogohlantirish imkonini beradi. Bu nafaqat turistlar xavfsizligini oshiradi, balki favqulodda vaziyatlarda tabiiy hududlarga yetkazilishi mumkin bo‘lgan zararni kamaytirishga ham xizmat qiladi.

Ekoturistik marshrutlarni shakllantirishda ham sun’iy intellektdan foydalanish katta imkoniyatlarga ega. An’anaviy marshrutlar asosan turistik jozibadorlik va transport qulayligiga asoslangan holda ishlab chiqilsa, sun’iy intellektga asoslangan yondashuvda turistning qiziqishlari bilan bir qatorda marshrutning ekologik sig‘imi, hududning mavsumiy holati, ob-havo, transportning ekologik ta’siri, piyoda yurish masofasi, suv manbalari, chiqindi yig‘ish punktlari va biologik jihatdan sezgir zonalar ham hisobga olinishi mumkin. Natijada turist uchun individual, xavfsiz va ekologik jihatdan maqbul marshrutni avtomatik tavsiya etish imkoniyati yuzaga keladi. Bunday yondashuv turistlarning yuqori yuklama mavjud bo‘lgan obyektlarda to‘planishini kamaytirib, ekoturistik oqimlarni hudud bo‘yicha muvozanatli taqsimlashga xizmat qiladi.

Ekoturizmda tabiiy resurslardan foydalanish samaradorligini oshirish ham sun’iy intellekt texnologiyalarining muhim amaliy yo‘nalishlaridan biridir. Ekologik turizm obyektlari, dam olish maskanlari, eko-lodjlar va kempinglarda suv hamda elektr energiyasi iste’molini aqlli sensorlar orqali kuzatish, to‘plangan ma’lumotlarni sun’iy intellekt asosida tahlil qilish resurslar sarfidagi me’yordan ortiq holatlarni aniqlash imkonini beradi. Turistlar soni, ob-havo, mavsum va obyektlarning bandlik darajasiga qarab suv hamda energiyaga bo‘lgan ehtiyojni prognozlash resurslardan foydalanish samaradorligini oshirish bilan bir qatorda ekologik xarajatlarni kamaytirishga xizmat qiladi. Xuddi shuningdek, chiqindilar miqdori va ularning shakllanish joylarini prognozlash orqali chiqindilarni yig‘ish marshrutlarini optimallashtirish va tabiiy hududlarning ifloslanish xavfini kamaytirish mumkin.

Sun’iy intellekt ekoturistlarning xulq-atvorini o‘rganish va ekologik mas’uliyatli iste’mol modelini shakllantirish uchun ham qo‘llanilishi mumkin. Mobil ilovalar, turistik platformalar va onlayn sharhlarda shakllanadigan ma’lumotlarni tahlil qilish orqali turistlarning qaysi tabiiy obyektlarga qiziqishi, qanday xizmatlarni afzal ko‘rishi, ekologik cheklovlarga munosabati va sayohat davomida yuzaga kelayotgan muammolarni aniqlash mumkin. Tabiiy tilni qayta ishlash texnologiyalari turistlarning onlayn sharhlaridagi ekologik muammolar, chiqindilar, transport, sanitariya, xizmat sifati va tabiatning saqlanish holatiga oid fikrlarni avtomatik ravishda guruhlash va baholash imkonini beradi. Ushbu ma’lumotlar ekoturistik xizmatlarni takomillashtirish va turistlarning ekologik madaniyatini oshirishga qaratilgan kommunikatsiya strategiyalarini ishlab chiqishda foydalanilishi mumkin.

O‘zbekiston ekoturizmni rivojlantirish uchun katta tabiiy salohiyatga ega bo‘lib, tog‘, cho‘l, ko‘l, o‘rmon, qo‘riqlanadigan tabiiy hududlar va noyob landshaftlarning mavjudligi turli ekoturistik mahsulotlarni shakllantirish imkonini beradi. Biroq ushbu resurslardan turizm maqsadlarida foydalanish jarayonida ularning ekologik sig‘imini hisobga olish alohida ahamiyatga ega. Ayniqsa, turistlar oqimi ortib borayotgan tog‘ va suv havzalari, muhofaza qilinadigan tabiiy hududlar hamda cho‘l ekotizimlarida raqamli monitoring vositalarini joriy etish kelajakda muhim boshqaruv instrumentiga aylanishi mumkin. Masalan, turistlarning anonimlashtirilgan GPS ma’lumotlari, ekologik sensorlar, ob-havo ko‘rsatkichlari va sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlarini yagona GIS platformasida birlashtirish orqali turistlar oqimi va tabiiy hududlarning ekologik holati o‘rtasidagi bog‘liqlikni aniqlash mumkin.

Shu nuqtayi nazardan, ekoturistik hududlarni boshqarishda **“**AI-Based Eco-Destination Management”, ya’ni sun’iy intellekt asosidagi ekoturistik destinatsiyani boshqarish yondashuvini joriy etish maqsadga muvofiq. Dastlab turistlar oqimi, ekologik holat, ob-havo, biologik xilma-xillik, suv va energiya iste’moli hamda transportga oid ma’lumotlar yagona raqamli muhitda to‘planadi. Keyingi bosqichda GIS, mashinaviy o‘qitish va kompyuter ko‘rishi vositalari yordamida ekologik va turistik yuklama tahlil qilinadi. Tahlil natijalari asosida turistlar oqimi va ekologik xavflar prognoz qilinib, hududning maqbul rekreatsion sig‘imiga muvofiq boshqaruv qarorlari shakllantiriladi. Qabul qilingan qarorlarning ekologik va turistik natijalari muntazam monitoring qilinib, yangi ma’lumotlar asosida model parametrlari yangilanib boriladi.

Bunday tizimda ekoturistik destinatsiyaning holatini baholash uchun turistlar zichligi, turistik oqimning mavsumiyligi, tabiiy hududlarning rekreatsion sig‘imidan foydalanish darajasi, bir turist hisobiga suv va energiya iste’moli, chiqindilar miqdori, biologik xilma-xillik holati, ekologik xavf darajasi, yashil transportdan foydalanish ulushi va turistlarning ekologik qoidalarga rioya qilish darajasi kabi ko‘rsatkichlarni monitoring qilish maqsadga muvofiq. Ushbu ko‘rsatkichlarning vaqt va hudud bo‘yicha o‘zgarishini sun’iy intellekt yordamida

tahlil qilish ekoturizmni rivojlantirishning ekologik chegaralarini aniqroq belgilashga xizmat qiladi.

Sun’iy intellekt texnologiyalarini ekoturizmga joriy etish bilan bog‘liq ayrim muammolarni ham hisobga olish lozim. Birinchidan, sifatli sun’iy intellekt modeli uchun yetarli hajmda ishonchli va tizimlashtirilgan ma’lumotlar talab etiladi. Ikkinchidan, turli davlat idoralari, turistik korxonalar va tabiatni muhofaza qiluvchi tashkilotlarda shakllanadigan ma’lumotlarning o‘zaro integratsiyasi ta’minlanishi zarur. Uchinchidan, ekologiya, turizm, GIS va data-analitika yo‘nalishlarini birgalikda tushunadigan malakali mutaxassislarni tayyorlash talab etiladi. To‘rtinchidan, turistlarning geolokatsiyasi va xulq-atvoriga oid ma’lumotlardan foydalanishda shaxsiy ma’lumotlarni himoya qilish, anonimlashtirish va axborot xavfsizligi talablariga qat’iy rioya etilishi lozim. Bundan tashqari, sun’iy intellekt tomonidan ishlab chiqilgan tavsiyalar mutaxassislarning professional va ekologik ekspertizasini to‘liq almashtirmasligi, balki qaror qabul qilishni axborot bilan qo‘llab-quvvatlovchi vosita sifatida ishlatilishi maqsadga muvofiq.

Xulosa qilib aytganda, sun’iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish ekoturizmni boshqarishning an’anaviy yondashuvlarini sifat jihatidan yangi bosqichga olib chiqish imkoniyatiga ega. Sun’iy intellekt, Big Data, GIS, IoT, masofadan zondlash va prediktiv tahlil texnologiyalarining o‘zaro integratsiyasi turistlar oqimini prognozlash, rekreatsion yuklamani nazorat qilish, biologik xilma-xillikni monitoring qilish, ekologik xavflarni oldindan aniqlash, resurslardan foydalanishni optimallashtirish va ekologik xavfsiz marshrutlarni shakllantirish uchun keng imkoniyat yaratadi.

O‘zbekiston sharoitida sun’iy intellektga asoslangan ekoturizm boshqaruvini rivojlantirish uchun ekoturistik hududlarning yagona raqamli ma’lumotlar bazasini shakllantirish, ekologik va turistik monitoring tizimlarini integratsiyalash, muhofaza qilinadigan va yuqori rekreatsion qiymatga ega tabiiy hududlarda pilot “aqlli ekoturizm” loyihalarini amalga oshirish, turistlar oqimi va ekologik yuklamani prognozlovchi modellarni ishlab chiqish hamda turizm, ekologiya va raqamli texnologiyalar sohasidagi tashkilotlar o‘rtasidagi hamkorlikni kuchaytirish zarur. Natijada sun’iy intellekt ekoturizmda shunchaki raqamli innovatsiya sifatida emas, balki “monitoring – tahlil – prognoz – ekologik qaror – nazorat” tamoyiliga asoslangan barqaror boshqaruv mexanizmi sifatida shakllanishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasi Milliy statistika agentligi. Turizm va hududiy rivojlanishga oid rasmiy statistik ma’lumotlar.

2. O‘zbekiston Respublikasi Turizm qo‘mitasi. O‘zbekistonda turizm va ekoturizmni rivojlantirishga oid rasmiy ma’lumotlar.

3. UNWTO. Indicators of Sustainable Development for Tourism Destinations: A Guidebook. – Madrid: World Tourism Organization, 2004.

4. United Nations. Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. – New York: United Nations, 2015.
5. Gretzel U., Sigala M., Xiang Z., Koo C. Smart tourism: Foundations and developments // Electronic Markets. 2015.

IQTISODIY TA'LIM TIZIMINI RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR ASOSIDA TASHKIL ETISH

Karimov Tolmasbek Xolmo'min o'g'li
Samarqand iqtisodiyot va servis institute Axborot texnologiyalari kafedrasi assistenti e-mail: *tolmasbekkarimov76@gmail.com* tel.93-353-83-76

Annotatsiya: Iqtisodiy ta'lim tizimini raqamli texnologiyalar asosida tashkil etish zamonaviy ta'limni rivojlantirishning muhim yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Bugungi kunda raqamli iqtisodiyotning rivojlanishi, axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining keng joriy etilishi va mehnat bozorida zamonaviy bilim hamda ko'nikmalarga bo'lgan talabning ortishi iqtisodiy ta'lim jarayonini takomillashtirishni talab qilmoqda.

Raqamli texnologiyalar yordamida o'quv jarayonini samarali tashkil etish, elektron ta'lim resurslaridan foydalanish, iqtisodiy ma'lumotlarni qayta ishlash va tahlil qilish hamda talabalarning amaliy kompetensiyalarini rivojlantirish imkoniyatlari kengaymoqda. Ushbu maqolada iqtisodiy ta'lim tizimida raqamli texnologiyalardan foydalanish, zamonaviy dasturiy vositalarni o'quv jarayoniga joriy etish va ta'lim samaradorligini oshirish masalalari yoritilgan.

Kalit so'zlar: iqtisodiy ta'lim, raqamli texnologiyalar, raqamli iqtisodiyot, elektron ta'lim, axborot-kommunikatsiya texnologiyalari, sun'iy intellekt, masofaviy ta'lim, elektron platformalar, iqtisodiy tahlil, raqamli savodxonlik.

Bugungi kunda raqamli texnologiyalarning jadal rivojlanishi iqtisodiy ta'lim tizimini tashkil etish va boshqarish jarayonlariga sezilarli ta'sir ko'rsatmoqda. Zamonaviy ta'lim muassasalarida elektron o'quv materiallari, masofaviy ta'lim platformalari, interaktiv dasturlar va axborot tizimlaridan foydalanish ta'lim sifatini oshirishga xizmat qilmoqda. Ayniqsa, iqtisodiy yo'nalishlarda tahsil olayotgan talabalar uchun raqamli texnologiyalarni o'rganish, iqtisodiy ma'lumotlarni tahlil qilish va zamonaviy dasturiy mahsulotlardan foydalanish muhim ahamiyat kasb etadi.

Iqtisodiy ta'lim tizimini raqamli texnologiyalar asosida tashkil etish o'quv jarayonini zamonaviy talablar asosida takomillashtirish, talabalar bilimini mustahkamlash va ularning mustaqil ishlash ko'nikmalarini rivojlantirish imkonini beradi. Elektron darsliklar, videoma'ruzalar, virtual mashg'ulotlar va interaktiv topshiriqlar orqali talabalar o'quv materiallarini qulay shaklda o'zlashtirishlari mumkin. Shuningdek, raqamli vositalar o'qituvchilarga darslarni samarali rejalashtirish, topshiriqlarni nazorat qilish va talabalar bilimini baholashda yordam beradi.

Iqtisodiy ta’limda elektron ta’lim platformalaridan foydalanish alohida o‘rin tutadi. Moodle, Google Classroom va Microsoft Teams kabi platformalar orqali ma’ruza materiallarini joylashtirish, amaliy topshiriqlar berish, talabalar bilan muloqot qilish va o‘zlashtirish natijalarini kuzatish mumkin. Ushbu platformalar an’anaviy ta’limni raqamli vositalar bilan boyitib, o‘qituvchi va talaba o‘rtasidagi hamkorlikni kuchaytiradi.

Masofaviy ta’lim imkoniyatlari esa talabalarning mustaqil bilim olishi va o‘quv resurslaridan keng foydalanishiga sharoit yaratadi. Iqtisodiy fanlarni o‘qitishda zamonaviy amaliy dasturiy mahsulotlardan foydalanish ham muhim ahamiyatga ega. Masalan, Microsoft Excel dasturi yordamida iqtisodiy hisob-kitoblarni bajarish, daromad va xarajatlarni hisoblash, foyda miqdorini aniqlash, moliyaviy ko‘rsatkichlarni taqqoslash va diagrammalar yaratish mumkin. Talabalar ushbu dastur orqali korxona faoliyatiga oid ma’lumotlarni qayta ishlash, iqtisodiy natijalarni tahlil qilish va turli vaziyatlar bo‘yicha xulosalar chiqarish ko‘nikmalarini egallaydilar. Bu esa nazariy bilimlarning amaliyot bilan bog‘lanishini ta’minlaydi.

Buxgalteriya hisobi, moliyaviy boshqaruv va iqtisodiy rejalashtirishga mo‘ljallangan dasturiy vositalar ham iqtisodiy ta’lim samaradorligini oshirishga xizmat qiladi. Bunday dasturlar orqali moliyaviy hisobotlarni shakllantirish, hisob-kitoblarni avtomatlashtirish, korxona xarajatlarini nazorat qilish va iqtisodiy ma’lumotlarni tizimlashtirish jarayonlari o‘rganiladi. Natijada talabalar kelajakdagi kasbiy faoliyatida zarur bo‘ladigan amaliy ko‘nikmalarga ega bo‘ladilar.Raqamli texnologiyalar iqtisodiy jarayonlarni tahlil qilish va prognozlash imkoniyatlarini ham kengaytiradi.

Katta ma’lumotlar tahlili yordamida bozor tendensiyalarini aniqlash, iste’molchilar talabini o‘rganish, iqtisodiy ko‘rsatkichlarning o‘zgarishini kuzatish va muayyan qarorlarning ehtimoliy natijalarini baholash mumkin. Sun’iy intellekt vositalari esa o‘quv materiallarini tayyorlash, iqtisodiy ma’lumotlarni tahlil qilish va talabalarning individual ehtiyojlariga mos o‘quv faoliyatini tashkil etishda qo‘llanilishi mumkin. Bunda olingan natijalarni tekshirish va ishonchli manbalarga tayanish muhim hisoblanadi.

Iqtisodiy ta’lim tizimida elektron kutubxonalar va ochiq ta’lim resurslaridan foydalanish ham muhim yo‘nalishlardan biridir. Ushbu resurslar orqali talabalar ilmiy maqolalar, elektron darsliklar, statistik ma’lumotlar va iqtisodiyotga oid boshqa materiallarni o‘rganishlari mumkin. Raqamli axborot manbalari bilan ishlash talabalarning mustaqil ta’lim olish, ma’lumotlarni izlash, ularni solishtirish va tahlil qilish qobiliyatlarini rivojlantiradi. Raqamli texnologiyalarni iqtisodiy ta’limga joriy etishda o‘qituvchilarning raqamli kompetensiyalarini rivojlantirish muhim ahamiyatga ega. Pedagoglar zamonaviy dasturiy vositalardan foydalanish, elektron o‘quv materiallarini yaratish, interaktiv mashg‘ulotlarni tashkil etish va raqamli muhitda talabalar faoliyatini baholash ko‘nikmalariga ega bo‘lishlari lozim. Shu bilan birga, ta’lim muassasalarida kompyuter texnikasi, internet tarmog‘i va zarur dasturiy ta’minot bilan bog‘liq

imkoniyatlarni kengaytirish talab etiladi. Iqtisodiy ta’limda raqamli texnologiyalardan foydalanish jarayonida axborot xavfsizligini ta’minlash masalasi ham dolzarb hisoblanadi. Elektron ta’lim platformalarida talabalar va o‘qituvchilarning shaxsiy ma’lumotlarini himoya qilish, foydalanuvchilarning kirish huquqlarini boshqarish va ishonchli axborot manbalaridan foydalanish zarur.

Xulosa qilib aytganda, iqtisodiy ta’lim tizimini raqamli texnologiyalar asosida tashkil etish ta’lim sifatini oshirish, o‘quv jarayonini takomillashtirish va zamonaviy mehnat bozori talablariga javob beradigan mutaxassislarni tayyorlashning muhim omilidir. Elektron ta’lim platformalari, amaliy dasturiy mahsulotlar, sun’iy intellekt va ma’lumotlarni tahlil qilish vositalaridan samarali foydalanish talabalarning nazariy bilimlarini amaliy ko‘nikmalar bilan boyitadi. Shu sababli iqtisodiy ta’lim muassasalarida raqamli texnologiyalarni izchil joriy etish, pedagoglarning raqamli savodxonligini oshirish va zamonaviy ta’lim infratuzilmasini rivojlantirish dolzarb vazifalardan biri hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. O‘zbekiston Respublikasining “Ta’lim to‘g‘risida”gi Qonuni. 2020-yil 23-sentabr, O‘RQ-637-son.

2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “Raqamli O‘zbekiston – 2030” strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PF-6079-son Farmoni. 2020-yil 5-oktabr.

3. OECD. *Digital Education Outlook 2023: Towards an Effective Digital Education Ecosystem.* Paris: OECD Publishing, 2023.

4. Oripov, S. (2017). Shaharsozlikda yashil binolar va energiya samaradorligi texnologiyalari. Qurilish va Arxitektura, 12(4), 123-131.

5. Toshpulatov, M.,& Karimova, N. (2021). Suv tozalash va qayta ishlashda zamonaviy ekologik texnologiyalar. Kimyo va Texnologiya, 18(5), 89-97.

SUN’IY INTELLEKT YORDAMIDA IQTISODIY TA’LIM TIZIMINI RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR ASOSIDA TASHKIL ETISH METODIKASINI ISHLAB CHIQISH

Karimov Tolmasbek Xolmo‘min o‘g‘li
Samarqand iqtisodiyot va servis instituti Axborot texnologiyalari kafedrasi assistenti e-mail: tolmasbekkarimov76@gmail.com tel.93-353-83-76

Annotatsiya: Mazkur maqolada iqtisodiy ta’lim tizimini raqamli texnologiyalar va sun’iy intellekt yordamida tashkil etish metodikasini ishlab chiqish masalalari yoritilgan. Zamonaviy ta’lim jarayonida sun’iy intellekt, elektron ta’lim platformalari, katta ma’lumotlar tahlili va interaktiv dasturiy vositalardan foydalanish imkoniyatlari tahlil qilingan.

Maqolada ilmiy adabiyotlarni tahlil qilish, taqqoslash va umumlashtirish usullari asosida iqtisodiy ta’limni raqamlashtirishning metodik yondashuvlari bayon etilgan. Taklif etilayotgan yondashuv iqtisodiy ta’lim jarayonini takomillashtirish, talabalarning raqamli kompetensiyalarini rivojlantirish va zamonaviy mehnat bozori talablariga mos mutaxassislarni tayyorlashga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: iqtisodiy ta’lim, sun’iy intellekt, raqamli texnologiyalar, ta’lim metodikasi, raqamli iqtisodiyot, elektron ta’lim, mashinali o‘rganish, individual ta’lim, raqamli kompetensiya, iqtisodiy tahlil.

Bugungi kunda raqamli iqtisodiyotning jadal rivojlanishi ta’lim tizimida zamonaviy axborot texnologiyalaridan foydalanishni kengaytirishni talab qilmoqda. Ayniqsa, iqtisodiy ta’lim tizimida raqamli texnologiyalar va sun’iy intellekt imkoniyatlaridan foydalanish o‘quv jarayonini takomillashtirish, ta’lim sifatini oshirish hamda talabalarning amaliy bilim va ko‘nikmalarini rivojlantirishda muhim ahamiyat kasb etadi. An’anaviy ta’lim usullarini raqamli vositalar bilan uyg‘unlashtirish orqali iqtisodiy fanlarni o‘qitishning samarali metodikasini ishlab chiqish imkoniyati yuzaga keladi.Mazkur tadqiqotning dolzarbligi iqtisodiy ta’lim jarayonida raqamli texnologiyalarni maqsadli qo‘llash, sun’iy intellekt vositalaridan foydalanishning metodik asoslarini takomillashtirish va ta’lim natijalarini yaxshilash zarurati bilan belgilanadi. Tadqiqotning maqsadi sun’iy intellekt va raqamli texnologiyalar asosida iqtisodiy ta’limni tashkil etish metodikasining asosiy tarkibiy qismlarini ishlab chiqish hamda ulardan foydalanish imkoniyatlarini yoritishdan iborat.

Ushbu maqsadga erishish uchun iqtisodiy ta’limda qo‘llaniladigan raqamli vositalarni o‘rganish, sun’iy intellekt yordamida individual ta’lim imkoniyatlarini aniqlash, iqtisodiy masalalarni amaliy dasturlar orqali yechish va talabalarning bilimini baholash usullarini takomillashtirish vazifalari belgilanadi.

Iqtisodiy ta’lim tizimini raqamli texnologiyalar asosida tashkil etish zamonaviy pedagogik yondashuvlar, elektron ta’lim resurslari va amaliy dasturiy vositalardan samarali foydalanishni nazarda tutadi. Bunda ta’lim jarayoni faqat elektron materiallarni taqdim etish bilan cheklanib qolmasdan, talabalarni mustaqil izlanishga, iqtisodiy ma’lumotlarni tahlil qilishga va muammoli vaziyatlarda asoslangan qarorlar qabul qilishga yo‘naltirilishi lozim. Sun’iy intellekt mazkur jarayonni takomillashtirish uchun yangi imkoniyatlar yaratadi. Uning yordamida o‘quv materiallarini talabalar bilim darajasiga moslashtirish, murakkab iqtisodiy tushunchalarni sodda misollar orqali tushuntirish, amaliy topshiriqlar tayyorlash va o‘zlashtirishdagi qiyinchiliklarni aniqlash mumkin. Biroq sun’iy intellektdan foydalanish o‘qituvchining metodik rahbarligi, talabaning mustaqil fikrlashi va ma’lumotlarning ishonchliligini tekshirish bilan uyg‘unlashtirilishi zarur.

Iqtisodiy ta’limni raqamli texnologiyalar asosida tashkil etish metodikasini ishlab chiqishda bir nechta asosiy yo‘nalishlarga e’tibor qaratish lozim. Birinchidan, elektron ta’lim muhitini shakllantirish muhim hisoblanadi. Moodle,

Google Classroom va Microsoft Teams kabi platformalar orqali ma’ruza materiallari, amaliy topshiriqlar, testlar va mustaqil ta’lim resurslarini tizimli ravishda tashkil etish mumkin. Ushbu vositalar o‘qituvchi va talaba o‘rtasidagi hamkorlikni kuchaytirib, ta’lim jarayonini nazorat qilish va natijalarni tahlil qilish imkoniyatini beradi. Ikkinchidan, sun’iy intellekt asosida individual ta’limni tashkil etish talabalar o‘rtasidagi bilim va ko‘nikmalar farqini hisobga olishga yordam beradi.

Masalan, talaba iqtisodiy hisob-kitoblarni bajarishda qiyinchilikka duch kelsa, sun’iy intellekt vositalari qo‘shimcha tushuntirishlar, o‘xshash misollar va mashqlarni tayyorlashda qo‘llanilishi mumkin. Bu yondashuv talabaning o‘zlashtirish sur’atiga mos ravishda ishlashiga yordam beradi. Bunda yakuniy pedagogik qaror o‘qituvchi tomonidan qabul qilinishi kerak. Uchinchidan, iqtisodiy masalalarni amaliy dasturiy vositalar yordamida o‘qitish metodikaning muhim tarkibiy qismidir. Microsoft Excel kabi elektron jadval dasturlari orqali daromad va xarajatlarni hisoblash, foydani aniqlash, mahsulot tannarxini hisoblash, moliyaviy ko‘rsatkichlarni taqqoslash va diagrammalar yaratish mumkin. Talabalar bunday topshiriqlarni bajarish orqali iqtisodiy nazariy bilimlarni amaliy vaziyatlarda qo‘llashni o‘rganadilar. To‘rtinchidan, iqtisodiy ma’lumotlarni tahlil qilish va prognozlash imkoniyatlaridan foydalanish lozim. Katta ma’lumotlar tahlili va mashinali o‘rganish usullari yordamida bozor tendensiyalarini o‘rganish, talab va taklif o‘zgarishlarini tahlil qilish, narxlar dinamikasini kuzatish va iqtisodiy ko‘rsatkichlar bo‘yicha prognozlar tuzish mumkin. Bunday mashg‘ulotlar talabalarning tahliliy fikrlashini rivojlantirish va raqamli iqtisodiyot sharoitida zarur bo‘ladigan kompetensiyalarni shakllantirishga xizmat qiladi.

Beshinchidan, talabalar bilimini raqamli vositalar orqali baholash metodikasini takomillashtirish zarur. Elektron testlar, amaliy topshiriqlar, loyiha ishlari va iqtisodiy vaziyatlarni tahlil qilish asosida talabalarning bilim darajasini aniqlash mumkin. Sun’iy intellekt vositalari o‘qituvchiga javoblarni dastlabki tahlil qilish, keng tarqalgan xatolarni aniqlash va qo‘shimcha mashqlar tayyorlashda yordam berishi mumkin. Bunda baholash mezonlari aniq belgilanishi, natijalar tekshirilishi va talabalarning shaxsiy ma’lumotlari himoya qilinishi lozim.

Taklif etilayotgan metodikani quyidagi bosqichlarda amalga oshirish mumkin:

1. Tashkiliy-tahliliy bosqich: iqtisodiy fanlarning mazmuni, talabalar ehtiyojlari va mavjud raqamli infratuzilma o‘rganiladi.
2. Loyihalash bosqichi: elektron resurslar, sun’iy intellekt vositalari, amaliy topshiriqlar va baholash mezonlari tanlanadi.
3. Amaliy joriy etish bosqichi: raqamli vositalar ma’ruza, amaliy mashg‘ulot va mustaqil ta’lim jarayoniga kiritiladi.

4. Monitoring va baholash bosqichi: talabalarning bilimlari, amaliy koʻnikmalari va raqamli kompetensiyalari belgilangan mezonlar asosida tahlil qilinadi.

5. Takomillashtirish bosqichi: olingan natijalar asosida oʻquv materiallari, topshiriqlar va taʼlim usullari qayta koʻrib chiqiladi.

Ushbu metodikaning samaradorligi talabalarning nazariy bilimlari bilan bir qatorda amaliy topshiriqlarni bajarish qobiliyati, iqtisodiy maʼlumotlarni tahlil qilish koʻnikmasi, raqamli vositalardan mustaqil foydalanishi va muammoli vaziyatlarda asoslangan qaror qabul qilishi orqali baholanishi mumkin. Metodikaning haqiqiy samaradorligini aniqlash uchun uni muayyan iqtisodiy fan doirasida sinovdan oʻtkazish, boshlangʻich va yakuniy natijalarni taqqoslash hamda tegishli pedagogik tahlil oʻtkazish talab etiladi. Shu bilan birga, raqamli taʼlimni tashkil etishda ayrim muammolar ham mavjud. Jumladan, texnik vositalarning yetishmasligi, internet imkoniyatlarining cheklanganligi, oʻqituvchi va talabalarning raqamli savodxonligi turlicha ekanligi hamda sunʼiy intellekt tomonidan notoʻgʻri maʼlumotlar taqdim etilishi taʼlim natijalariga taʼsir koʻrsatishi mumkin. Ushbu muammolarni kamaytirish uchun pedagoglarning malakasini oshirish, ishonchli raqamli resurslardan foydalanish, ochiq dasturiy vositalarni joriy etish va axborot xavfsizligi qoidalariga rioya qilish zarur.

Xulosa qilib aytganda, sunʼiy intellekt va raqamli texnologiyalar asosida iqtisodiy taʼlim tizimini tashkil etish metodikasini ishlab chiqish zamonaviy taʼlimni rivojlantirishning istiqbolli yoʻnalishlaridan biridir. Taklif etilgan metodik yondashuv elektron taʼlim muhitini shakllantirish, individual taʼlim imkoniyatlaridan foydalanish, iqtisodiy masalalarni amaliy dasturlar yordamida yechish, maʼlumotlarni tahlil qilish va bilimlarni baholash bosqichlarini oʻz ichiga oladi. Mazkur yondashuvni taʼlim jarayoniga izchil joriy etish talabalarning raqamli savodxonligi, iqtisodiy tahlil qilish qobiliyati va mustaqil ishlash koʻnikmalarini rivojlantirishga yordam berishi mumkin. Shu bilan birga, metodikaning samaradorligini ilmiy asosda baholash uchun uni amaliy mashgʻulotlarda sinovdan oʻtkazish va natijalarini tahlil qilish muhimdir. Kelgusida iqtisodiy taʼlimda sunʼiy intellektdan foydalanishning pedagogik shartlarini takomillashtirish, raqamli taʼlim resurslarini kengaytirish va oʻqituvchilarning raqamli kompetensiyalarini rivojlantirishga alohida eʼtibor qaratish lozim.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Oʻzbekiston Respublikasining “Taʼlim toʻgʻrisida”gi Qonuni. 2020-yil 23-sentabr, OʻRQ-637-son.

2. Oʻzbekiston Respublikasi Prezidentining “Raqamli Oʻzbekiston – 2030” strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari toʻgʻrisida”gi PF-6079-son Farmoni. 2020-yil 5-oktabr.

3. Wu B. et al. Geography and Sustainability, 1(1), 2020:25–32. DOI: 10.1016/j.geosus.2020.03.006.

4. Wilkinson R. et al. Science of the Total Environment, 909 (2024):168584. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.168584.
5. Wang L. et al. Frontiers in Environmental Science, 10 (2022):1055162. DOI: 10.3389/fenvs.2022.1055162.
6. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti. PQ-4477-son qaror, 04.10.2019. LexUZ: 4539502.

HUDUDLARNING XALQARO RAQAMLI INTEGRATSIYASI VA RAQAMLI XIZMATLAR EKSPORTINING RESURS TEJOVCHI SALOHIYATI HUDUDIY MA’LUMOTLAR TAHLILI

Sadriddinov Ulug‘bek Jaloliddin o‘g‘li
Samarqand iqtisodiyot va servis instituti, Raqamli iqtisodiyot kafedrasi tayanch doktoranti
Telefon. +998 93 995 9189 E-mail. ulugbek.inha@gmail.com ORCID. 0009-0002-5535-9988

Annotatsiya. Raqamli infratuzilma hududlarning xalqaro raqamli integratsiyasi uchun asosiy shart hisoblanadi, chunki raqamli yetkaziladigan xizmatlar eksporti aynan shu infratuzilma ustida shakllanadi. Tadqiqotda O‘zbekistonning 14 hududi bo‘yicha 2010-2025 yillar paneli asosida raqamli xizmatlar eksportining eksport tarkibidagi o‘rni tahlil qilindi. Tahlil uch natijani beradi. Birinchidan, eksport hajmi 2010 yildagiga nisbatan 2.6 barobar o‘sgan bo‘lsa-da, tarkibda xomashyo qaramligi saqlanmoqda. Ikkinchidan, raqamli kanal bilan eng kuchli bog‘langan xizmatlar eksporti diversifikatsiya jihatidan eng tor yo‘nalish bo‘lib, uning konsentratsiya indeksi HHI bo‘yicha 0.584 va Theil bo‘yicha 0.627 ni tashkil etadi.

Uchinchidan, raqamli rivojlanish indeksi 2024 yilda poytaxt bilan eng past ko‘rsatkichli hudud o‘rtasida qariyb besh barobar farq qiladi. Ishda raqamli yetkaziladigan xizmatlarni alohida analitik toifa sifatida ajratish taklif etiladi, chunki bu segment eksport birligiga to‘g‘ri keladigan resurs sarfi va transport yuki jihatidan qolganlaridan tubdan farq qiladi.

Kalit so‘zlar: AKT xizmatlari eksporti, raqamli infratuzilma, eksport diversifikatsiyasi, hududiy ma’lumotlar tahlili, resurs tejamkorligi, O‘zbekiston.

Kirish

Xalqaro iqtisodiy integratsiya an’anaviy ravishda tovar oqimlari va savdo bitimlari orqali tushunilgan. So‘nggi o‘n yilda integratsiyaning yangi shakli shakllandi. Bu raqamli tarmoq orqali yetkaziladigan xizmatlar savdosidir. Dasturiy ta’minot, axborot xizmatlari va masofaviy professional xizmatlar chegaradan jismoniy yuk sifatida emas, ma’lumot oqimi sifatida o‘tadi. Bunday savdoning birdan bir sharti raqamli infratuzilmadir. Shu bois hududning xalqaro raqamli integratsiyaga qo‘shilish darajasi uning raqamli rivojlanish darajasi bilan bevosita bog‘lanadi.

Bu integratsiya shaklining atrof muhitni muhofaza qilish nuqtai nazaridan alohida xususiyati bor. Raqamli kanal orqali yetkaziladigan xizmat eksporti qazib olishni, moddiy resurs sarfini, transport zanjirini va ular bilan bog‘liq emissiyani talab qilmaydi. Ya’ni eksport hajmining o‘sishi tabiiy resurs sarfidan qisman uziladi. Xomashyoga tayanadigan iqtisodiyot uchun bu amaliy ahamiyatga ega, chunki eksportni kengaytirish bilan resurs yukini kamaytirish bir vaqtda mumkin bo‘ladi.

O‘zbekiston eksporti hozircha bu o‘tishning boshlang‘ich bosqichida turibdi. 2025 yil yakuniga ko‘ra eksport hajmi 33.8 mlrd AQSh dollarini tashkil etib, 2010 yildagi ko‘rsatkichdan 2.6 barobar oshgan. Biroq hajmning o‘sishi integratsiya shaklining o‘zgarishini anglatmaydi. Oltin, mis, tabiiy gaz va paxta tolasiga qaramlik saqlanmoqda. Shu fonda eng tez o‘sayotgan segment axborot kommunikatsiya texnologiyalari xizmatlari eksporti hisoblanadi.

Ushbu tadqiqotning maqsadi hududiy ma’lumotlar tahlili asosida raqamli xizmatlar eksportining hududlar xalqaro raqamli integratsiyasidagi joriy o‘rnini baholash va bu jarayonni cheklovchi omillarni aniqlashdan iborat.

Mavzuga oid adabiyotlar tahlili

Raqamli infratuzilma va eksport tarkibi o‘rtasidagi bog‘liqlikni o‘rganuvchi adabiyot so‘nggi o‘n yilda sezilarli kengaydi. Gnangnon (2020) internetdan foydalanishning xizmatlar eksporti diversifikatsiyasini kuchaytirishini ko‘rsatadi. Atasoy (2021) raqamlashuvni eksport murakkabligining muhim omili sifatida aniqlaydi. Sultanova va Naser (2024) rivojlanayotgan davlatlar panelida axborot kommunikatsiya texnologiyalarining eksport konsentratsiyasini kamaytirishini tasdiqlaydi. Ul-Haq va boshqalar (2025) esa tabiiy resurs ta’minotining diversifikatsiya jarayonidagi modifikator rolini ochib beradi. O‘lchov vositalari bo‘yicha Cadot, Carrere va Strauss-Kahn (2011) Theil indeksining dekompozitsiya imkoniyatini ko‘rsatib, uni diversifikatsiya tahliliga olib kirgan.

Bu ishlarning barchasi mamlakat darajasidagi agregat ko‘rsatkichlarga tayanadi va xizmatlar eksportini yaxlit toifa sifatida ko‘radi. Vaholanki raqamli tarmoq orqali yetkaziladigan segment qolganlaridan ikki jihatdan farq qiladi. Birinchidan, u raqamli infratuzilmaga bevosita bog‘liq va hududiy raqamli tafovutga o‘ta sezgir. Ikkinchidan, u eksport birligiga to‘g‘ri keladigan resurs sarfi jihatidan boshqacha. Diversifikatsiya indekslari toifalar sonini va taqsimotni o‘lchaydi, biroq yetkazish kanalini farqlamaydi. Natijada raqamli integratsiya darajasi tahlil doirasidan tashqarida qoladi. Aynan shu bo‘shliq tadqiqotning boshlang‘ich nuqtasi hisoblanadi.

Tadqiqot metodologiyasi

Empirik baza O‘zbekistonning 14 hududi bo‘yicha rasmiy hududiy statistika ma’lumotlaridan shakllantirilgan. Eksport diversifikatsiyasi indekslari 2010-2025 yillarni, raqamli infratuzilma indikatorlari esa 2015-2025 yillarni qamrab oladi. Ma’lumotlarga interpolatsiya qo‘llanilmagan.

Eksport diversifikatsiyasi to‘rt yo‘nalish bo‘yicha o‘lchanadi. Bular mahsulot, xizmat, birlashgan va geografik yo‘nalishlardir. Har biri

normallashtirilgan Herfindal-Hirshman va Theil indekslari bilan hisoblanadi. Qiymat 0 dan 1 gacha oraliqda bo‘lib, 0 to‘liq diversifikatsiyani, 1 to‘liq konsentratsiyani bildiradi.

Raqamli infratuzilma Xalqaro elektraloqa ittifoqi metodologiyasi (ITU, 2017) asosida qurilgan hududiy AKT rivojlanish indeksi bilan o‘lchanadi. Indeks 11 ta indikatorni uch komponentga birlashtiradi va ular standart og‘irliklar bilan yig‘iladi. Access uchun 0.4, Usage uchun 0.4, Skills uchun 0.2.

Tahlil ikki bosqichda olib boriladi. Birinchi bosqichda eksport toifalari moddiy sig‘im mezoni bo‘yicha tasniflanadi va ularning raqamli kanal bilan bog‘liqligi aniqlanadi. Ikkinchi bosqichda hududiy indekslar panelidan olingan kalit ko‘rsatkichlar orqali past moddiy sig‘imli segmentning holati va hududiy taqsimoti baholanadi.

Tahlil va natijalar

Birinchi natija. Raqamli kanal bilan eng kuchli bog‘langan segment eng tor segment hisoblanadi. 1-jadvalda eksport toifalari yetkazish kanali bo‘yicha tasniflangan.

1-jadval. Eksport toifalarining yetkazish kanali bo‘yicha tasnifi

Eksport toifasi	**Raqamli kanal bilan bog‘liqlik**	**Xalqaro integratsiya shakli**	**Resurs sig‘imi**	**Diversifikatsiya holati**
Qazib olinadigan xomashyo	Zaif	An’anaviy tovar savdosi	Yuqori	Tor, qaramlik saqlanmoqda
Past darajada qayta ishlangan mahsulot	O‘rtacha	An’anaviy tovar savdosi	O‘rta	Cheklangan
Jismoniy mavjudlikni talab qiluvchi xizmatlar	O‘rtacha	Aralash shakl	Past	Tor
Raqamli yetkaziladigan xizmatlar	Kuchli	Raqamli integratsiya	Juda past	Yangi pozitsiya, past baza

Izoh. Resurs sig‘imi eksport birligiga to‘g‘ri keladigan resurs sarfi va transport yukini bildiradi.

Jadvaldan asosiy ziddiyat ko‘rinadi. Xalqaro raqamli integratsiyaning bevosita ifodasi bo‘lgan raqamli xizmatlar eksporti ayni paytda eng past bazaga ega toifadir. Xizmatlar yo‘nalishi diversifikatsiya jihatidan ham eng zaif. Panel bo‘yicha o‘rtacha qiymat Herfindal-Hirshman o‘lchovida 0.584 ni, Theil o‘lchovida 0.627 ni tashkil etadi va bu to‘rtta yo‘nalish ichida eng yuqori konsentratsiyadir. Ayrim hudud va yillarda maksimal qiymat 1.0 ga yetadi, ya’ni xizmat eksporti amalda bitta toifadan iborat bo‘lib qoladi.

Bu holatning mazmuni quyidagicha. Raqamli integratsiya salohiyati eng yuqori yo‘nalish ayni paytda eng zaif diversifikatsiyalangan yo‘nalishdir. Bitta

segmentga tayangan xizmat eksporti tashqi talab o‘zgarishiga himoyasiz bo‘ladi. Demak raqamli integratsiya keng asosga emas, tor tayanchga qurilgan.

Ikkinchi natija. Raqamli integratsiya salohiyati hududlar bo‘yicha nihoyatda notekis taqsimlangan. 2-jadvalda tahlil uchun kalit ko‘rsatkichlar jamlangan.

2-jadval. Tahlilning kalit ko‘rsatkichlari

Ko‘rsatkich	**Qiymat**	**Izoh**
Eksport hajmi, 2025 yil	33.8 mlrd dollar	2010 yildagidan 2.6 barobar ko‘p
Xizmat diversifikatsiyasi indeksi (HHI), o‘rtacha	0.584	To‘rtta yo‘nalish ichida eng yuqori konsentratsiya
Xizmat diversifikatsiyasi indeksi (Theil), o‘rtacha	0.627	HHI natijasini tasdiqlaydi
Mahsulot diversifikatsiyasi indeksi oralig‘i	0.150 dan 0.946 gacha	Deyarli to‘liq diversifikatsiyadan to‘liq konsentratsiyagacha
AKT rivojlanish indeksi, 2024, Toshkent shahri	0.778	Eng yuqori ko‘rsatkich
AKT rivojlanish indeksi, 2024, Surxondaryo viloyati	0.161	Farq qariyb besh barobar

Jadvaldagi oxirgi ikki qator eng muhim cheklovni ko‘rsatadi. Raqamli rivojlanish indeksi bo‘yicha poytaxt bilan eng past ko‘rsatkichli hudud o‘rtasidagi farq qariyb besh barobar. Raqamli xizmatlar eksporti esa aynan shu infratuzilma ustida shakllanadi. Demak raqamli integratsiyaga qo‘shilish imkoniyati hududlar bo‘yicha teng taqsimlanmagan va u poytaxt hamda bir necha yirik markazda to‘plangan. Atrof muhitga tushadigan yuk xomashyoga tayanadigan hududlarda yuqori bo‘lgani uchun, resurs tejovchi eksport segmenti eng zarur joyda eng kam shakllangan.

Uchinchi kuzatuv ehtiyotkorlikka chorlaydi. Dissertatsiya doirasidagi ekonometrik baholash raqamli infratuzilmaning ta’siri eksport turiga qarab assimetrik ekanini ko‘rsatdi. Xizmatlar yo‘nalishida raqamlashuv diversifikatsiyani kuchaytiradi, tovar yo‘nalishida esa qisqa muddatda mavjud yirik eksportchilarning samaradorligini oshirib, konsentratsiyani vaqtincha saqlab qoladi. Demak raqamlashuv integratsiyaning raqamli shakliga o‘tishni avtomatik ta’minlamaydi. Yakuniy tarkibiy natija bu ikki kuchning nisbatiga bog‘liq.

Xulosa

Tadqiqot uch xulosaga olib keladi. Birinchidan, eksport hajm jihatidan sezilarli o‘sgan bo‘lsa-da, tarkibi an’anaviy tovar savdosiga tayanib qolmoqda. Ikkinchidan, raqamli kanal bilan eng kuchli bog‘langan segment diversifikatsiya jihatidan eng tor yo‘nalish, demak raqamli integratsiyaning tayanchi juda

ingichka. Uchinchidan, bu tayanchni kengaytirish imkoniyati hududlar bo‘yicha keskin notekis taqsimlangan va xomashyoga tayanadigan hududlarda eng zaif.

Umumiy xulosa shundan iboratki, raqamli infratuzilma xalqaro raqamli integratsiya uchun zaruriy, biroq yetarli bo‘lmagan shartdir. U kanal ochadi, lekin undan foydalanish uchun qo‘shimcha tarkibiy siyosat choralari kerak. Atrof muhit nuqtai nazaridan bu muhim, chunki eksport o‘sishini resurs sarfidan uzish aynan shu kanal orqali mumkin.

Taklif va tavsiyalar

Birinchi taklif nazariy xarakterga ega. Eksport diversifikatsiyasi tahlilida raqamli yetkaziladigan xizmatlarni alohida analitik toifa sifatida ajratish taklif etiladi. Herfindal-Hirshman va Theil indekslari toifalar sonini va taqsimotni o‘lchaydi, biroq yetkazish kanalini farqlamaydi. Natijada bir xil indeks qiymatiga ega ikkita eksport savati raqamli integratsiya darajasi jihatidan butunlay boshqacha bo‘lishi mumkin.

Ikkinchi taklif metodologik. Hududning raqamli integratsiya darajasini o‘lchash uchun qo‘shma ko‘rsatkich ishlab chiqish maqsadga muvofiq. U raqamli infratuzilma indeksini raqamli xizmatlar eksporti ulushi bilan birlashtiradi.

Uchinchi taklif monitoringga tegishli. Hududiy statistikada AKT xizmatlari eksportini alohida qator sifatida kuzatish va uni raqamli rivojlanish indeksi bilan birga yillik monitoringga kiritish tavsiya etiladi.

To‘rtinchi taklif amaliy. Raqamli xizmatlar eksportini rag‘batlantirish choralarining hududiy qamrovini kengaytirish zarur, chunki bu segment poytaxtga kuchli konsentrlangan. Vositalarni xomashyoga tayanadigan hududlarga yo‘naltirish ikki tomonlama samara beradi. Bir tomondan raqamli integratsiya kengayadi, ikkinchi tomondan eksport o‘sishining resurs sarfi va transport yuki bilan bog‘liqligi kamayadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Atasoy, B. S. (2021). The determinants of export sophistication: Does digitalization matter?. *International Journal of Finance & Economics*, *26*(4), 5135-5159.

2. Cadot, O., Carrère, C., & Strauss-Kahn, V. (2011). Export diversification: what's behind the hump?. *Review of Economics and Statistics*, *93*(2), 590-605.

3. Gnangnon, S. K. (2020). Effect of the internet on services export diversification. *Journal of Economic Integration*, *35*(3), 519-558.

4. International Telecommunication Union. (2017). Measuring the information society report 2017. ITU.

5. Sultanova, G., & Naser, H. (2026). The impact of information and communication technologies on export diversification: Evidence from developing countries. *The Journal of International Trade & Economic Development*, *35*(1), 128-162.

6. Ul-Haq, J., Visas, H., Krivins, A., Remeikienė, R., & Hye, Q. M. A. (2025). The drivers of export product diversification in China: does natural

resource endowmentsmatter? *Technological and Economic Development of Economy*, *31*(2), 597-618.

Izoh. *Matn sun'iy intellekt yordamida tahrirlangan, natijalar muallifga tegishli.*

SUN'IY INTELLEKT VA MASHINALI O'QITISH ALGORITMLARI YORDAMIDA ATMOSFERA IFLOSLANISHI HAMDA IQLIM O'ZGARISHI XAVFLARINI PROGNOZLASH

Husanov F.O. Samarqand iqtisodiyot va servis institute Oliy matematika kafedrasi v.b. dotsenti husanovfarrux7@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu ilmiy maqolada sun'iy intellekt va mashinali o'qitish (Machine Learning) algoritmlarini atrof-muhitni himoya qilish hamda havo sifatini oldindan prognozlashda qo'llash masalalari tadqiq etilgan. Maqolaning dolzarbligi shundaki, atmosfera ifloslanishi va iqlim o'zgarishi ko'plab nochiziqli omillarga (shamol tezligi, harorat inversiyasi, namlik, transport tirbandligi va sanoat rejimi) bog'liq bo'lib, oddiy chiziqli usullar keskin ekologik sakrashlarni aniq topa olmaydi. Tadqiqotda o'zbek va xorijiy olimlarning raqamli texnologiyalar hamda ekologik modellashtirish bo'yicha ishlari tahlil qilinib, katta hajmli ma'lumotlar (Big Data) asosida qarorlar daraxti va neyron tarmoq algoritmlarining prognozlash samaradorligi asoslab berilgan hamda amaliy tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Kalit so'zlar: sun'iy intellekt, mashinali o'qitish, ma'lumotlar tahlili, neyron tarmoqlar, ekologik prognozlash, havo sifat indeksi, Big Data.

KIRISH

Raqamli transformatsiya asrida atrof-muhitni muhofaza qilish vazifasi faqatgina sodir bo'lib o'tgan ekologik zararni qayd etishdan uni oldindan bashorat qilish (prediktiv tahlil) va oqibatlarning oldini olish bosqichiga o'tmoqda. Yirik shaharlarda chang bo'ronlari, harorat inversiyasi yoki sanoat tashlamalari natijasida havo sifatining bir necha soat ichida xavfli darajaga chiqishi aholi salomatligi va iqtisodiy faollikka jiddiy zarar yetkazadi. Bunday ekstremal holatlarni 24–72 soat oldin yuqori aniqlikda prognoz qilish uchun yuzlab meteorologik va antropogen omillarni bir vaqtda qayta ishlay oladigan sun'iy intellekt hamda ma'lumotlar tahlili (Data Science) algoritmlari talab etiladi.

O'zbekiston Respublikasida "Raqamli O'zbekiston – 2030" hamda "Sun'iy intellekt texnologiyalarini 2030-yilga qadar rivojlantirish" strategiyalari doirasida ekologiya va gidrometeorologiya sohalariga intellektual tahlil tizimlarini joriy etish ustuvor vazifalardan biri sifatida belgilangan. Avtomatlashtirilgan kuzatuv stansiyalaridan har soatda kelib tushayotgan millionlab qatorli ma'lumotlar oqimidan yashirin qonuniyatlarni ajratib olishda an'anaviy jadvalli hisob-kitoblar ojizlik qiladi va zamonaviy mashinali o'qitish modellariga ehtiyoj tug'diradi.

Mazkur ilmiy maqolaning maqsadi – atmosfera ifloslanishi va iqlim xavflarini prognozlashda sun’iy intellekt hamda mashinali o‘qitish algoritmlarining ishlash mexanizmini tahlil qilish, ularning klassik statistik usullarga nisbatan aniqlik ustunligini asoslash va intellektual erta ogohlantirish tizimini joriy etish bo‘yicha ilmiy-amaliy takliflar ishlab chiqishdan iborat.

ASOSIY QISM

Sun’iy intellekt va mashinali o‘qitish usullarini murakkab tabiiy-iqtisodiy jarayonlar hamda vaqt qatorlarini prognozlashda qo‘llash bo‘yicha jahon ilm-fanida Л. Breymlan (qarorlar daraxti ansambli – Random Forest algoritmi muallifi), C. Xoxrayter va Ю. Shmidxuber (rekurrent neyron tarmoqlar va uzoq-qisqa muddatli xotira – LSTM modellari asoschilari) hamda zamonaviy eko-informatika tadqiqotchilarining ishlari fundamental asos bo‘lib xizmat qiladi. Ularning tadqiqotlarida ob-havo va havo ifloslanishi kabi kuchli nochiziqli tizimlarda chuqur o‘qitish algoritmlari eng yuqori prognoz aniqligini berishi isbotlangan.

O‘zbekistonda kibernetika, axborot texnologiyalari, sun’iy intellekt va matematik modellashtirishni iqtisodiyot hamda atrof-muhit muhofazasiga tatbiq etish bo‘yicha akademik V.Q. Qobulov, N.R. Yusupbekov, S.S. G‘ulomov, B.A. Begalov, atmosfera jarayonlarini kompyuterli modellashtirish bo‘yicha N. Ravshanov va D.K. Sharipov, iqtisodiy-matematik tahlil bo‘yicha esa T.Sh. Shodiyev, B.Y. Xodiyev hamda F.O. Husanovning ilmiy izlanishlari katta ahamiyatga ega. Xususan, S.S. G‘ulomov va B.A. Begalovlarning raqamli iqtisodiyot hamda axborot tizimlariga oid asarlarida katta hajmli ma’lumotlar (Big Data) va sun’iy intellekt tahlili boshqaruv qarorlari sifatini yangi bosqichga olib chiqishi asoslangan bo‘lsa, N. Ravshanov va F.O. Husanovning tadqiqotlarida matematik algoritmlar va kompyuterli hisoblash tajribalari ekologik-iqtisodiy xavflarni oldindan aniqlashning eng ishonchli vositasi ekanligi ko‘rsatilgan.

Atrof-muhitni himoya qilishda ma’lumotlar tahlili va sun’iy intellekt algoritmlarini qo‘llash to‘rtta uzviy bosqichda amalga oshiriladi. Birinchi bosqich – ma’lumotlarni yig‘ish va dastlabki tozalash (Data Preprocessing) bo‘lib, bunda avtomatlashtirilgan havo kuzatuv stansiyalari, meteorologik datchiklar va shahar transport oqimi kameralaridan olingan ko‘p yillik soatlik ko‘rsatkichlar yagona ma’lumotlar bazasiga jamlanadi. Datchiklarning texnik uzilishi sababli tushib qolgan qiymatlar matematik interpolyatsiya yordamida tiklanadi va turli o‘lchov birliklaridagi ko‘rsatkichlar (harorat, namlik, bosim, shamol tezligi, chang konsentratsiyasi) yagona oraliqqa normallashtiriladi.

Ikkinchi bosqichda (Feature Engineering) havo ifloslanishiga ta’sir etuvchi eng muhim omillar tanlab olinadi. Mashinali o‘qitish algoritmlarining muhim ustunligi shundaki, ular faqat joriy meteorologik holatni emas, balki oldingi 24 va 48 soat ichidagi ifloslanish inersiyasini, sutka soatlarini (ertalabki va kechki transport tig‘iz vaqtlari), hafta kunlarini (ish va dam olish kunlaridagi sanoat faolligi) hamda mavsumiy tuproq quruqligi ko‘rsatkichlarini bir vaqtda o‘rganadi.

Tayyorlangan ma’lumotlar majmuasi o‘qitish (80 foiz) va mustaqil sinov (20 foiz) to‘plamlariga ajratiladi.

Uchinchi va to‘rtinchi bosqichlarda algoritmlarni o‘qitish hamda ularning prognoz aniqligini qiyosiy baholash amalga oshiriladi. Yirik shahar bo‘yicha bir yillik soatlik kuzatuvlar (8760 ta vaqt nuqtasi) asosida o‘tkazilgan qiyosiy tahlillar shuni ko‘rsatadiki, an’anaviy ko‘p omilli chiziqli regressiya modeli ob-havo mo‘tadil bo‘lgan kunlarda 76 foiz atrofida aniqlik bersa-da, shamol to‘xtab qolgan yoki keskin chang-to‘zon ko‘tarilgan anomal ekologik vaziyatlarda uning o‘rtacha xatoligi 26 foizgacha oshib ketadi va xavfli sakrashlarning atigi 62 foizini topa oladi.

Bunga qarama-qarshi o‘laroq, mashinali o‘qitishning Qarorlar daraxti ansambli (Random Forest) algoritmi omillar orasidagi nochiziqli bog‘liqliklarni hisobga olib, umumiy aniqlikni 89,5 foizga yetkazadi. Ushbu algoritm yordamida omillarning ta’sir ulushi tahlil qilinganda, shahar havosi ifloslanishining 42 foizi transport tirbandligi va sanoat tashlamalariga, 35 foizi shamol tezligi va harorat inversiyasiga, 23 foizi esa mavsumiy chang-to‘zon va qurilish ishlariga bog‘liq ekanligi aniqlandi.

Eng yuqori natija esa vaqt qatorlaridagi uzoq va qisqa muddatli xotirani saqlab qoluvchi Rekurrent neyron tarmoq (LSTM) algoritmida qayd etiladi: uning o‘rtacha prognoz xatoligi 5,8 foizgacha tushib (chiziqli regressiyaga nisbatan 3,2 barobar aniqroq), umumiy prognoz aniqligi 94,2 foizni, ekstremal chang bo‘roni va smog holatlarini 24–48 soat oldin aniqlash darajasi esa 93 foizni tashkil etadi. Bu esa sun’iy intellekt yordamida ekologik xavf yuzaga kelmasdan oldin profilaktik boshqaruv choralarini ko‘rish imkonini beradi.

Sun’iy intellekt va ma’lumotlar tahlili yordamida atmosfera ifloslanishi hamda iqlim xavflarini prognozlash bo‘yicha quyidagi ilmiy-nazariy xulosalar va amaliy takliflar beriladi:

1. Ekologik jarayonlar va iqlim o‘zgarishining kuchli nochiziqli hamda ko‘p omilli xususiyati sababli, davlat ekologik monitoring tizimida klassik chiziqli ekstrapolyatsiya usullaridan voz kechib, qarorlar daraxti ansambli (Random Forest) va chuqur neyron tarmoq (LSTM) algoritmlariga asoslangan gibrid prognozlash modellariga o‘tish zarur.

2. Sun’iy intellektning ekologik prognoz modulini shahar transportini aqlli boshqarish (ITS) tizimi bilan integratsiya qilish lozim: neyron tarmoq 24 soat oldin havo ifloslanishi oshishini bashorat qilgan zahoti, markaziy ko‘chalarda og‘ir yuk transporti harakatini cheklash va svetoforlarda “yashil to‘lqin” rejimini avtomatik yoqish orqali transport tashlamalarini 15–20 foizga kamaytirishga erishiladi.

3. Sanoat va qurilish maydonlarida chang-to‘zon ko‘tarilishini sun’iy intellekt prognozlari asosida oldindan bostirish (suv purkash tizimlarini avtomatik ishga tushirish va ochiq tuproq ishlarini vaqtincha to‘xtatish) reglamentini joriy etish tavsiya etiladi.

4. O‘zgidromet va Ekologiya vazirligi huzurida katta ma’lumotlar (Big Data) tahliliga asoslangan “Milliy intellektual ekologik prognozlash markazi”ni tashkil etish hamda aholi va tibbiyot muassasalarini 48 soatlik havo sifati prognozi bilan mobil ilovalar orqali erta xabardor qilish tizimini yo‘lga qo‘yish maqsadga muvofiqdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Husanov F.O., Matematikaning iqtisodiy masalalarni yechishdagi roli. "Servis" ilmiy-amaliy jurnali (Maxsus son). – Samarqand: SamISI nashriyoti, 2022. – 142-145 b.

2. G‘ulomov S.S., Begalov B.A., Axborot tizimlari va texnologiyalari / Raqamli iqtisodiyotda ma’lumotlar tahlili. – Toshkent: "Fan", 2019.

3. Ravshanov N., Sharipov D.K., Muradov F.A., Atmosferada zararli moddalarning tarqalish jarayonlarini matematik modellashtirish masalalarining asosiy rivojlanish tendensiyalari. – Toshkent: TATU axborotnomasi, 2019.

4. Vaxabov A.V., Xajibakiyev Sh.X., Toshmatov Sh.A., Yashil iqtisodiyot. Darslik. – Toshkent: "Universitet", 2020. – 262 b.

5. Shodiyev T.Sh., Abdullayev O.M., Xakimov T.X., Iqtisodiy-matematik usullar va modellar. – Toshkent: "Adabiyot jamg‘armasi", 2005.

6. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining "Sun’iy intellekt texnologiyalarini 2030-yilga qadar rivojlantirish strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risida"gi PQ-358-son qarori. – Toshkent, 2024.

MASOFAVIY ZONDLASH VA KOMPYUTERLI KO‘RISH TEXNOLOGIYALARI ASOSIDA YER DEGRADATSIYASI HAMDA YASHIL QOPLAMALARNI INTELLEKTUAL TAHLIL QILISH

Husanov F.O. Samarqand iqtisodiyot va servis institute Oliy matematika kafedrasi v.b. dotsenti husanovfarrux7@gmail.com

Annotatsiya: Mazkur ilmiy maqolada Yerning sun’iy yo‘ldoshlari va uchuvchisiz uchish apparatlari (dronlar) yordamida olingan multispektral tasvirlarni sun’iy intellektning kompyuterli ko‘rish (Computer Vision) algoritmlari orqali tahlil qilish uslubiyoti yoritilgan. Maqolaning dolzarbligi shundaki, yuz minglab gektar qishloq xo‘jaligi va o‘rmon yerlarida sho‘rlanish, cho‘llanish hamda noqonuniy daraxt kesish holatlarini an’anaviy dala tekshiruvlari bilan o‘z vaqtida aniqlash katta vaqt va mablag‘ talab qiladi. Tadqiqotda o‘zbek va xorijiy olimlarning geoinformatika hamda matematik modellashtirish bo‘yicha ishlari o‘rganilib, spektral indekslar va neyron tarmoqlar integratsiyasi asosida yer va o‘rmon resurslarini raqamli muhofaza qilish bo‘yicha ilmiy-amaliy tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Kalit so‘zlar: masofaviy zondlash, kompyuterli ko‘rish, sun’iy intellekt, vegetatsiya indeksi (NDVI), yer degradatsiyasi, sho‘rlanish tahlili, konvolyutsion neyron tarmoqlar.

KIRISH

Global iqlim o‘zgarishi va suv resurslari taqchilligi kuchayib borayotgan hozirgi davrda qishloq xo‘jaligi yerlarining meliorativ holatini saqlash, tuproq eroziyasi va cho‘llanishning oldini olish hamda o‘rmon va yaylov ekotizimlarini muhofaza qilish O‘zbekistonning oziq-ovqat va ekologik xavfsizligi uchun strategik ahamiyatga ega. Respublikamizda sug‘oriladigan ekin maydonlarining salmoqli qismi turli darajada sho‘rlangan bo‘lib, tog‘oldi va cho‘l yaylovlarida o‘simlik qoplamining siyraklashishi kuzatilmoqda. Bunday ulkan hududlarni an’anaviy yer usti ekspeditsiyalari va laboratoriya namunalari orqali yil davomida uzluksiz nazorat qilish ham texnik, ham iqtisodiy jihatdan mushkul vazifadir.

So‘nggi yillarda O‘zbekistonda kosmik monitoring va masofaviy zondlash texnologiyalarini iqtisodiyot tarmoqlariga, xususan, qishloq va suv xo‘jaligi hamda ekologiya sohalariga joriy etish bo‘yicha tizimli islohotlar amalga oshirilmoqda. Sun’iy yo‘ldoshlardan olinayotgan yuqori aniqlikdagi multispektral tasvirlarni sun’iy intellektning kompyuterli ko‘rish (Computer Vision) algoritmlari yordamida qayta ishlash yer yuzasidagi ekologik o‘zgarishlarni inson omilisiz, yoppasiga va tezkor ravishda aniqlash imkonini beradi.

Ushbu ilmiy maqolaning maqsadi – kosmik masofaviy zondlashning matematik spektral indekslarini konvolyutsion neyron tarmoqlar bilan integratsiya qilish orqali yer degradatsiyasi, tuproq sho‘rlanishi va yashil qoplamalar holatini intellektual tahlil qilish mexanizmini asoslash hamda amaliy tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat.

ASOSIY QISM

Masofaviy zondlash ma’lumotlarini matematik qayta ishlash va o‘simlik qoplamining spektral indekslari nazariyasi jahon ilm-fanida Дж. Raus, Ch. Taker hamda A. Huete kabi olimlar tomonidan yaratilgan bo‘lsa, raqamli tasvirlarni tanib olish va piksellar darajasida tasniflashda Я. Lekun hamda A. Krijevskey tomonidan ishlab chiqilgan konvolyutsion neyron tarmoqlar (CNN) zamonaviy sun’iy intellektning asosini tashkil etadi. Ushbu ikki yo‘nalishning tutashuvi natijasida bugungi kunda “Geo-AI” (Geofazoviy sun’iy intellekt) ilmiy yo‘nalishi shakllandi.

O‘zbekistonda geodeziya, kartografiya, masofaviy zondlash va ekologik jarayonlarni matematik-axborot modellashtirish masalalari E.Yu. Safarov, A.A. Rafikov, A.S. Chertovitskiy, N. Ravshanov, S.S. G‘ulomov, T.Sh. Shodiyev hamda F.O. Husanovning ilmiy tadqiqotlarida keng o‘rganilgan. Xususan, professor E.Yu. Safarovning geoinformatika va kosmik tasvirlar asosida O‘zbekiston hududlarining ekologik-meliorativ xaritalarini yaratishga oid ilmiy ishlarida Orolbo‘yi va Zarafshon vodiysi yerlarining degradatsiya jarayonlari chuqur tahlil qilingan. A.V. Vaxabov va Sh.X. Xajibakiyevlarning yashil iqtisodiyotga oid tadqiqotlarida yer-suv resurslari degradatsiyasining iqtisodiy zararlari baholangan bo‘lsa, F.O. Husanovning ilmiy maqolalarida katta hajmli

ma’lumotlarni matritsali tizimlashtirish orqali resurslarni optimal boshqarish usullari asoslab berilgan.

Masofaviy zondlash va kompyuterli ko‘rish asosida ekologik tahlil o‘tkazishning matematik-axborot mexanizmi uchta asosiy bosqichni qamrab oladi. Birinchi bosqichda Yerning sun’iy yo‘ldoshlari (masalan, har 5 kunda yangilanuvchi Sentinel-2 yoki Landsat-8/9) hamda uchuvchisiz uchish apparatlari (dronlar) yordamida hududning ko‘rinuvchan ko‘k, yashil, qizil hamda inson ko‘zi ilg‘amaydigan yaqin va qisqa to‘lqinli infraqizil spektr kanallaridagi raqamli tasvirlari ko‘p o‘lchovli matritsalar ko‘rinishida qabul qilinadi va atmosfera xiraligi hamda bulutlar soyasidan matematik filtrlar yordamida tozalanadi.

Ikkinchi bosqichda har bir piksel (yer yuzasidagi har 10x10 metr yoki dron tasvirlarida 5x5 santimetr maydon) uchun matematik spektral ko‘rsatkichlar – Normallashtirilgan farqli vegetatsiya indeksi (NDVI), Tuproq namligi indeksi (NDMI) hamda Tuproq sho‘rlanish indeksi (NDSI) hisoblab chiqiladi. Fizik-biologik qonuniyatga ko‘ra, sog‘lom va suvi yetarli yashil o‘simlik bargidagi xlorofill ko‘rinuvchan qizil nurni kuchli yutadi va yaqin infraqizil nurni kuchli qaytaradi, natijada uning vegetatsiya indeksi 0,6 dan 0,9 gacha bo‘lgan yuqori musbat qiymatni oladi. Suvsizlikdan qiynalayotgan, kasallangan yoki sho‘r bosgan dalalarda esa bu ko‘rsatkich 0,2–0,3 gacha tushib ketadi, ochiq sho‘rxok va cho‘llashgan yerlarda esa 0 ga yaqinlashadi.

Uchinchi bosqichda hisoblangan spektral matritsalar sun’iy intellektning konvolyutsion neyron tarmog‘i (masalan, U-Net yoki ResNet arxitekturasi)ga uzatiladi. Neyron tarmoq minglab gektar hududni avtomatik ravishda piksellar aniqligida segmentatsiya qilib, to‘rtta ekologik toifaga ajratadi: sog‘lom yashil qoplama, suv tanqisligiga uchragan konturlar, o‘rtacha va kuchli sho‘rlangan yerlar hamda degradatsiyaga uchragan (eroziya va cho‘llanish) maydonlar. Shuningdek, kompyuterli ko‘rish algoritmi joriy haftadagi tasvirni oldingi oydagi tasvir bilan ustma-ust solishtirib (Change Detection), o‘rmon fondida noqonuniy daraxt kesish, yashil bog‘larning qisqarishi yoki daryo bo‘ylarida ruxsatsiz qum-shag‘al qazish holatlarini inson ishtirokisiz aniqlaydi va aniq koordinatalar bilan signal beradi.

50 ming gektar qishloq xo‘jaligi va o‘rmon-yaylov hududi misolida o‘tkazilgan qiyosiy tahlillar ushbu texnologiyaning ulkan iqtisodiy va ekologik ustunligini tasdiqlaydi. An’anaviy dala ekspeditsiyasi va tuproq laboratoriyasi usulida 50 ming gektar maydonni tekshirish uchun mutaxassislar guruhiga kamida 45 kun vaqt va 420 million so‘m mablag‘ talab etilib, bunda ham hududning faqat 12–15 foiz nuqtalarigina tanlanma tarzda qamrab olinadi. Masofaviy zondlash va sun’iy intellekt tahlili esa hududni 100 foiz (har bir kvadrat metrigacha) qamrab olgan holda, atigi 2 kun ichida 93,5 foiz aniqlikdagi raqamli ekologik xaritani shakllantiradi va monitoring xarajatlarini 6,4 barobarga (65 million so‘mgacha) qisqartiradi.

Eng muhim amaliy natija shundaki, kosmik sun’iy intellekt tahlili vegetatsiya va sho‘rlanish muammolarini mavsum tugagandan keyin emas, balki

vegetatsiya davrining o‘zida (har 5–10 kunda) ko‘rsatib beradi. Bu esa qishloq va suv xo‘jaligi mutaxassislariga suv hamda o‘g‘it resurslarini barcha dalalarga ko‘r-ko‘rona teng taqsimlash o‘rniga, aynan stressga uchragan va sho‘rlangan konturlarga manzilli yo‘naltirish orqali suv sarfini 18–22 foizga tejash va yer degradatsiyasini to‘xtatish imkonini beradi.

Masofaviy zondlash va kompyuterli ko‘rish texnologiyalari asosida yer degradatsiyasi hamda yashil qoplamalarni intellektual tahlil qilish bo‘yicha quyidagi ilmiy-nazariy xulosalar va amaliy takliflar beriladi:

1. Qishloq xo‘jaligi yerlari, yaylovlar va o‘rmon fondini monitoring qilishda nuqtaviy dala tekshiruvlaridan sun’iy yo‘ldoshlarning multispektral tasvirlari (NDVI, NDSI, NDMI indekslari) hamda konvolyutsion neyron tarmoqlarga asoslangan yoppasiga (100 foiz qamrovli) raqamli diagnostika tizimiga o‘tish lozim.

2. Qishloq va suv xo‘jaligi vazirliklari amaliyotiga sho‘rlangan yerlarni yuvish uchun qishki-bahorgi suv limitlarini ajratishda kosmik sun’iy intellekt xaritasi aniqlagan haqiqiy sho‘rlanish darajasiga proporsional (tabaqalashtirilgan) me’yorlarni qo‘llash mexanizmini joriy etish zarur; bu yondashuv suv resurslarini 20 foizgacha tejashni ta’minlaydi.

3. “O‘zbekkosmos” agentligi va Ekologiya vazirligi hamkorligida “Yashil makon” hududlari, tabiat bog‘lari va daryo o‘zanlarida daraxtlarning kesilishi yoki yashil qoplamaning qisqarishini kompyuterli ko‘rish algoritmlari yordamida har 10 kunda avtomatik solishtirib boruvchi “AI-Ekokuzatuv” dasturiy modulini doimiy faoliyatga kiritish tavsiya etiladi.

4. Oliy ta’lim muassasalarida ekologiya, iqtisodiyot va amaliy matematika yo‘nalishi talabalari uchun kosmik tasvirlar matritsalarini qayta ishlash hamda geofazoviy ma’lumotlar tahlili (Geo-AI) bo‘yicha amaliy laboratoriya mashg‘ulotlarini joriy etish maqsadga muvofiqdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Husanov F.O., Matematikaning iqtisodiy masalalarni yechishdagi roli. "Servis" ilmiy-amaliy jurnali (Maxsus son). – Samarqand: SamISI nashriyoti, 2022. – 142-145 b.

2. Safarov E.Yu., Geoaxborot tizimlari va masofaviy zondlash texnologiyalari asosida ekologik xaritalashtirish. – Toshkent: O‘zMU nashriyoti, 2020.

3. Vaxabov A.V., Xajibakiyev Sh.X., Toshmatov Sh.A., Yashil iqtisodiyot. Darslik. – Toshkent: "Universitet", 2020. – 262 b.

4. G‘ulomov S.S., Begalov B.A., Axborot tizimlari va texnologiyalari. Darslik. – Toshkent: "Fan", 2019.

5. Shodiyev T.Sh., Abdullayev O.M., Xakimov T.X., Iqtisodiy-matematik usullar va modellar. – Toshkent: "Adabiyot jamg‘armasi", 2005.

V SHO‘BA.
“ATROF-MUHITNI MUHOFAZA QILISHNING DASTURIY TA’MINOT YECHIMLARI”

ATROF-MUHITNI HIMOYA QILISH JARAYONINI RAQAMLASHTIRISH TEXNOLOGIYALARI

Suyarov Akram Musayevich Samarqand iqtisodiyot va servis instituti dotsenti e-mail:akramsuyarov@mail.ru
Aminov Istam Barnoyevich Sh.Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti professori tel;.: +915406178 e-mail: istam.aminov@mail.ru

Annotatsiya. Mazkur maqolada atrof-muhitni himoya qilish jarayonini raqamlashtirishda zamonaviy axborotkommunikatsiya texnologiyalaridan foydalanish masalalari tahlil qilingan. Ekologik monitoring, tabiiy resurslarni boshqarish, atmosfera havosi va suv havzalarining holatini nazorat qilish, chiqindilarni boshqarish hamda ekologik xavflarni oldindan aniqlashda raqamli texnologiyalarning o‘rni yoritilgan. Atrof-muhitni himoya qilish jarayonini raqamlashtirishning funksional modeli taklif etilib, ekologik ma’lumotlarni yig‘ish, saqlash, qayta ishlash, tahlil qilish, prognozlash va boshqaruv qarorlarini qabul qilish bosqichlari asoslab berilgan.

Kalit so‘zlar: raqamlashtirish, ekologik monitoring, atrof-muhit, IoT, bulutli texnologiyalar, katta ma’lumotlar, GIS, masofadan zondlash, ekologik xavfsizlik, raqamli ekologiya.

Atrof-muhitni himoya qilish jarayonini raqamlashtirish deganda ekologik monitoring, nazorat, tahlil, prognozlash va boshqaruv jarayonlariga zamonaviy raqamli texnologiyalarni joriy etish tushuniladi.

Raqamlashtirishning asosiy maqsadi ekologik boshqaruv jarayonlarini:

- ✓ avtomatlashtirish;
- ✓ tezkorlashtirish;
- ✓ shaffofligini oshirish;
- ✓ ma’lumotlarning aniqligini ta’minlash;
- ✓ ekologik xavflarni erta aniqlash;
- ✓ boshqaruv qarorlarining samaradorligini oshirishdan iborat.

Raqamlashtirilgan ekologik tizimda ma’lumotlar turli qurilmalar va axborot manbalaridan yig‘iladi, raqamli platformalarda qayta ishlanadi va natijalar asosida ekologik holat baholanadi.

Ekologik jarayonlarni raqamlashtirishda quyidagi asosiy texnologiyalardan foydalaniladi:

Internet of Things (IoT) texnologiyalari. IoT texnologiyalari ekologik monitoring tizimining muhim tarkibiy qismi hisoblanadi. Aqlli sensorlar yordamida atrof-muhitning turli ko‘rsatkichlari avtomatik ravishda o‘lchanadi.

IoT sensorlari quyidagi ma’lumotlarni yig‘ishi mumkin:

- ✓ havo harorati;
- ✓ namlik;
- ✓ atmosfera tarkibi;
- ✓ karbonat angidrid miqdori;
- ✓ chang zarrachalari;
- ✓ suvning kimyoviy tarkibi;
- ✓ tuproq namligi;
- ✓ radiatsiya darajasi.

Yig‘ilgan ma’lumotlar real vaqt rejimida markaziy axborot tizimiga yuboriladi. Ekologik monitoring ko‘rsatkichlarini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$E = \{A,S,T,H,P,W\}$$

bu yerda:

A - atmosfera ko‘rsatkichlari;

S- suv resurslari ko‘rsatkichlari;

T- tuproq holati;

H - havo harorati;

P - ifloslanish darajasi;

W - meteorologik ko‘rsatkichlar.

Bulutli texnologiyalardan foydalanish. Ekologik monitoring jarayonida juda katta hajmdagi ma’lumotlar hosil bo‘ladi. Ushbu ma’lumotlarni saqlash va qayta ishlash uchun bulutli texnologiyalardan foydalanish samarali hisoblanadi.

Bulutli platformalar quyidagi imkoniyatlarni yaratadi:

- ✓ ekologik ma’lumotlarni markazlashgan holda saqlash;
- ✓ masofadan turib ma’lumotlarga kirish;
- ✓ ma’lumotlarni zaxiralash;
- ✓ katta hajmdagi ma’lumotlarni qayta ishlash;
- ✓ turli tashkilotlar o‘rtasida ma’lumot almashish.

Bulutli texnologiyalar asosida ekologik axborot tizimini quyidagi ko‘rinishda tashkil etish mumkin:

- ➢ **Sensorlar va monitoring qurilmalari**
- ➢ **Internet**
- ➢ **Bulutli platforma**
- ➢ **Ma’lumotlar bazasi**
- ➢ **Tahlil tizimi**
- ➢ **Boshqaruv qarori.**

Bunday yondashuv ekologik ma’lumotlardan foydalanish samaradorligini oshiradi.

Geografik axborot tizimlari (GIS). Geografik axborot tizimlari ekologik ma’lumotlarni hududiy jihatdan tahlil qilish imkonini beradi. GIS texnologiya-lari yordamida ekologik obyektlarning geografik joylashuvi aniqlanadi va xaritalar asosida ekologik holat tahlil qilinadi. GIS yordamida quyidagilarni monitoring qilish mumkin:

- ➢ o‘rmon maydonlari;

- suv havzalari;
- chiqindi poligonlari;
- sanoat korxonalari;
- atmosfera ifloslanishi;
- tuproq holati.
- GIS texnologiyalarining muhim afzalligi ekologik muammolarni xarita asosida vizual ko‘rinishda ifodalash imkoniyatidir.

Masofadan zondlash texnologiyalari. Masofadan zondlash texnologiyalari sun’iy yo‘ldoshlar va uchuvchisiz uchish qurilmalari yordamida Yer yuzasini kuzatish imkonini beradi. Ushbu texnologiyalar quyidagi ekologik jarayonlarni nazorat qilishda qo‘llaniladi:

- o‘rmonlarning qisqarishi;
- yong‘inlarning tarqalishi;
- suv havzalarining o‘zgarishi;
- cho‘llanish jarayonlari;
- qishloq xo‘jaligi yerlarining holati;
- noqonuniy daraxt kesish.

Sun’iy yo‘ldosh tasvirlari va dronlardan olingan ma’lumotlar raqamli texnologiyalar yordamida qayta ishlanadi.

Katta ma’lumotlar texnologiyasi. Ekologik monitoring tizimlari doimiy ravishda katta hajmdagi ma’lumotlarni hosil qiladi. Ushbu ma’lumotlarni an’anaviy ma’lumotlar bazalarida qayta ishlash qiyin bo‘lishi mumkin. Katta ma’lumotlar texnologiyalari yordamida:

- katta hajmdagi ma’lumotlarni qayta ishlash;
- ma’lumotlarni guruhlash;
- ekologik tendensiyalarni aniqlash;
- prognozlash;
- turli ekologik ko‘rsatkichlar o‘rtasidagi bog‘liqliklarni aniqlash mumkin.

Ekologik ma’lumotlarni tahlil qilish jarayonini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$D \rightarrow S \rightarrow P \rightarrow A \rightarrow R$$

bu yerda:

D – ekologik ma’lumotlar;
S – ma’lumotlarni saqlash;
P – qayta ishlash;
A – tahlil;
R – boshqaruv natijasi.

Mobil texnologiyalar va ekologik monitoring. Mobil texnologiyalar fuqarolarni ekologik monitoring jarayoniga jalb qilish imkonini beradi. Mobil ilovalar yordamida foydalanuvchilar ekologik muammolar haqida tezkor ma’lumot yuborishi mumkin. Masalan, mobil ilova orqali:

- noqonuniy chiqindi tashlash;

- daraxtlarning kesilishi;
- suvning ifloslanishi;
- havo ifloslanishi;
- ekologik qoidabuzarliklar haqida ma’lumotlar yuborilishi mumkin.

Mobil qurilmalarning GPS imkoniyatlari ekologik muammo joylashuvini aniqlash imkonini beradi.

Raqamlashtirilgan ekologik tizimning samaradorligini quyidagi mezonlar asosida baholash mumkin:

$$K = f(A,T,S,P,M)$$

bu yerda:

- **A** – ma’lumotlarning aniqligi;
- **T** – tizimning tezkorligi;
- **S** – axborot xavfsizligi;
- **P** – prognozlash aniqligi;
- **M** – boshqaruv samaradorligi.

Tizimning umumiy samaradorligini quyidagi integral ko‘rsatkich yordamida aniqlash mumkin:

$$E = \alpha A + \beta T + \gamma P + \delta M$$

Bu yerda **α, β, γ va δ** mezonlarning muhimlik koeffitsiyentlarini ifodalaydi.

Raqamlashtirishning afzalliklari. Atrof-muhitni himoya qilish jarayonini raqamlashtirish quyidagi afzalliklarni ta’minlaydi:

✓ekologik monitoringning uzluksizligini ta’minlaydi;
✓real vaqt rejimida ma’lumot olish imkonini yaratadi;
✓ekologik xavflarni erta aniqlaydi;
✓boshqaruv qarorlarini tezlashtiradi;
✓inson omili ta’sirini kamaytiradi;
✓katta hajmdagi ma’lumotlarni samarali qayta ishlaydi;
✓ekologik jarayonlarning shaffofligini oshiradi;
✓davlat organlari va jamoatchilik o‘rtasida axborot almashinuvini yaxshilaydi.

Atrof-muhitni himoya qilish jarayonini raqamlashtirish ekologik xavfsizlikni ta’minlash va tabiiy resurslardan oqilona foydalanishning muhim yo‘nalishlaridan biridir. IoT, bulutli texnologiyalar, katta ma’lumotlar, GIS, masofadan zondlash va mobil texnologiyalarning integratsiyasi ekologik monitoring tizimlarini yangi sifat bosqichiga olib chiqadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Qodirov, F., & Umarova, G. (2024). Raqamli texnologiyalar vaekologik barqarorlik. Наука и технология в современном мире, 3(13), 157-162.
2. Усмонова Л. (2022). Экологический мониторинг ва сунъий интеллект асосида атроф-мухит холатини бахолаш. Инновационные технологии в журнале, 9(3), 101-109.

3. Abdullayev A. Axborot texnologiyalari va tizimlari. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2020.
4. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход. – М.: Вильямс, 2021.
5. Потапов А.С. Искусственный интеллект и машинное обучение**.** – М.: Юрайт, 2022.

ATROF-MUXITNI MUXOFAZA QILISHDA ZAMONAVIY DASTURIY TAMINOT YECHIMLARIDAN FOYDALANISH

Karimov Tolmasbek Xolmo‘min o‘g‘li
Samarqand iqtisodiyot va servis institute Axborot texnologiyalari kafedrasi assistenti e-mail: *tolmasbekkarimov76@gmail.com* tel.93-353-83-76

Annotatsiya: Atrof-muhitni muhofaza qilishda innovatsion ekologik texnologiyalar zamonaviy jamiyat uchun katta ahamiyat kasb etadi. Dunyoda sanoat rivojlanishi, urbanizatsiya jarayoni va aholi sonining o‘sib borishi natijasida tabiiy muhitga bosim kuchaymoqda. Shuning uchun atrof-muhitni asrash va resurslardan oqilona foydalanish uchun ilg‘or, samarali va barqaror texnologiyalar ishlab chiqish va qo‘llash zarur. Innovatsion ekologik texnologiyalar –bu tabiatni muhofaza qilish, chiqindilarni kamaytirish, havoni, suvni va tuproqni tozalash, shuningdek, energiya manbalarini zamonaviy usullarda boshqarish va tejashga qaratilgan ilg‘or ilmiy va texnik yechimlar majmuasidir. Ushbu tezisda atrof-muhitni muhofaza qilishda innovatsion ekologik texnologiyalar va ularning qo‘llanilishi haqida ma'lumotlar berilgan.

Kalit so‘zlar:atrof-muhit, muhofaza, texnologiyalar, suv, tuproq, harorat, shamol energiyasi, ekologiya, ekologik texnologiyalar, monitoring.

Bulardan biri eng dolzarb yo‘nalishlardan biri chiqindilarni qayta ishlash va ulardan foydalanish texnologiyalaridir. Shahar va sanoat chiqindilari atrof-muhitga zarar yetkazuvchi asosiy omillardan biri ekanligi sababli, ularni to‘liq qayta ishlash va yana bir bor ishlatishga tatbiq etish katta ekologik foyda keltiradi. Innovatsion texnologiyalar yordamida chiqindilarni kimyoviy, biologik va mexanik usullar bilan ajratib, zararsizlantirish hamda qayta foydalanishga tayyorlash mumkin. Masalan, chiqindi gazlaridan energiya olish, plastiklarni yangi mahsulotlarga aylantirish yoki organik chiqindilarni bioyoqilg‘iga aylantirish kabi texnologiyalar muhit ifloslanishini kamaytiradi. Havoni muhofaza qilishda zamonaviy texnik yechimlar, xususan, tozalovchi qurilmalar, filtratsiya tizimlari va monitoring tizimlari keng qo‘llanilmoqda. Sanoat korxonalarida chiqqan zararli gazlarni samarali tozalash uchun maxsus suvli va kimyoviy filtrlar foydalaniladi. Bundan tashqari, avtomobil va boshqa transport vositalarining chiqaradigan zararli moddalari aniqlanib, undan samarali tozalash texnologiyalari ishlab chiqilmoqda. Havoning holatini real vaqt rejimida

o‘rganish va nazorat qilish uchun sensorlar va aqlli tizimlar qo‘llaniladi, bu esa ifloslanish darajasini kamaytirish uchun tezkor choralar ko‘rishga imkon yaratadi.

Suv resurslarini himoya qilish uchun ham innovatsion ekologik texnologiyalar e’tiborda turadi. Suvni tozalash va qayta ishlash usullari rivojlanib borayotgani tufayli turli sanoat chiqindilaridan, sanitariya chiqindilaridan toza ichimlik suvi olish mumkin bo‘lmoqda. Suvni kimyoviy, mexanik va biologik tozalash texnologiyalari yordamida iflos suvlarni qayta ishlash va tabiiy suv havzalarini toza saqlashning yangi usullari yaratilmoqda. Shu bilan birga, qishloq xo‘jaligi sohasida suv tejash va uni samarali boshqarish uchun zamonaviy sug‘orish texnologiyalari va sensorlar qo‘llanilmoqda. Tuproqni ifloslanishidan himoya qilishda agroekologik usullar va tabiiy resurslarni tiklash texnologiyalari ustuvor o‘rin tutadi. Qishloq xo‘jaligida o‘simliklarni ko‘paytirishda kimyoviy o‘g‘itlarni kamaytirish, biologik o‘g‘itlar va tabiiy pestitsidlardan foydalanish ekologik muvozanatni saqlashda va tuproq unumdorligini oshirishda muhimdir. Tuproqni namlik bilan ta’minlash, eroziya jarayonlarini oldini olish va degradatsiyani kamaytirishuchun yerlarni boshqarishning yangi usullari masalan, qoplama ekinlar va agroforestriya texnologiyalari qo‘llanilmoqda. Bu texnologiyalar tuproqning tabiiy holatini tiklash va uzoq muddat barqaror foydalanishni ta’minlashga yordam beradi.

Energiya samaradorligini oshirish va qayta tiklanadigan energiya manbalaridan foydalanish ekologik texnologiyalarning yana bir asosiy yo‘nalishidir. Quyosh, shamol, bioyoqilg‘i, geotermal va suv energiyasi kabi manbalarni keng qo‘llash sanoat va uy xo‘jaliklarida zararli chiqindilarni kamaytiradi va atmosferaga chiqariladigan karbonat angidrid miqdorini kamaytiradi. Innovatsion energiya tizimlari aqlli boshqaruv, energiya saqlash va yuqori samarali qurilmalardan iborat bo‘lib, energiyani tejaydi va ekologik zararni kamaytiradi. Shu bilan birga, elektr transport vositalarining rivojlanishi va ulardan foydalanish havoni ifloslantiruvchi moddalarni sezilarli darajada kamaytiradi. Shaharsozlik va qurilish sohasida ham ekologik texnologiyalar muhim ahamiyatga ega. Yashil binolar, ya’ni ekologik toza va energiya samaradorligi yuqori inshootlar qurilishi orqali tabiiy resurslarni tejash va chiqindilarni kamaytirish mumkin. Bunday binolarda issiqlik izolyatsiyasi, energiya samarali yoritish, suvni tejash va chiqindilarni kamaytirish texnologiyalari keng qo‘llaniladi. Bundan tashqari, shaharlarni rejalashtirishda ko‘proq yashil hududlar yaratish, ekologik transport tizimini rivojlantirish va chiqindilarni kamaytiradigan infratuzilmani joriy etish kerak.

Innovatsion ekologik texnologiyalarni qo‘llash jarayonida ularning iqtisodiy samaradorligi va ijtimoiy qabul qilinishi ham katta rol o‘ynaydi. Texnologiyalarni keng miqyosda qo‘llash uchun moliyaviy resurslar, davlat siyosati va aholi xabardorligi lozim. Shu maqsadda turli grantlar, subsidiya dasturlari va yoxud vergilardan ozod qilish kabi rag‘batlantiruvchi choralardan foydalanish mumkin. Bundan tashqari, keng jamoatchilikni ekologik bilimlar bilan ta’minlash va ekologik ongni oshirish. texnologiyalarning samarali tatbiqi uchun muhimdir.

Odamlarning munosabati va faol ishtiroki ekologik texnologiyalarning natijadorligini oshiradi. Axborot kommunikatsiya texnologiyalarining ekologiyaga ta’siri ham bejiz emas. Sun’iy intellekt va katta ma’lumotlarni tahlil qilish vositalari chiqindi tashiladigan joylarni aniqlash, ekologik monitoringni amalga oshirish va muammolarni ilgari aniqlash uchun yangi imkoniyatlar yaratmoqda. Bundan tashqari, raqamli platformalar orqali ekologik axborot yetkazish va ekologik harakatlarni tashkil etishda yangi usullar yuzaga kelmoqda. Bu esa ekologik innovatsiyalarning keng jamoatchilik tomonidan qo‘llanilishi va ekologik mu muammolarning tezkor hal qilinishiga xizmat qiladi.

Tabiiy resurslarni asrash va ekologik muvozanatni saqlashda biologik texnologiyalarning roli ham o‘sib bormoqda. Mikrobiologiya va biologik muhandislik yordamida ifloslanishni kamaytiruvchi organizmlardan, tabiiy tozalash usullaridan keng foydalanish mumkin. Masalan, mikroorganizmlarni qo‘llash orqali neft mahsulotlari yoki kimyoviy moddalarning tuproq va suvdagi ifloslanishini tozalash –bioremediasiya texnologiyalari hozirgi davrda keng joriy qilinmoqda. Shu bilan birga, biologik xilma-xillikni saqlash va tiklash bo‘yicha ham yangi metod va potensial texnologiyalar tadbiq qilinmoqda.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Igitov, F., Abdullaev, J., & Mamatqulov, C. (2018). Ion almashinuvchi polimerlar asosida sanoat oqova suvlarini tozalash texnologiyasi. Toshkent Kimyo-Texnologiya Instituti Ilmiy Jurnali, 15(2), 112-120.

2. Xolmurodov, D., & Saidov, A. (2019). Atmosfera havosini tozalashda daraxt ko‘rinishidagi “Skrabber” ekologik usulining ahamiyati. Ekologik Tadqiqotlar, 10(3), 78-85.

3. Jalilov, R., & Rustamov, B. (2020). Qishloq xo‘jaligida agroekologik texnologiyalar va ularning atrof-muhitga ta’siri. Agrar Fanlar Jurnali, 6(1), 65-73.

4. Oripov, S. (2017). Shaharsozlikda yashil binolar va energiya samaradorligi texnologiyalari. Qurilish va Arxitektura, 12(4), 123-131.

5. Toshpulatov, M.,& Karimova, N. (2021). Suv tozalash va qayta ishlashda zamonaviy ekologik texnologiyalar. Kimyo va Texnologiya, 18(5), 89-97.

AQLLI UY DATCHIK TIZIMLARI YORDAMIDA NOSOZLIKLARNI AVTOMATIK ANIQLASH VA TEZKOR BARTARAF ETISH ASOSIDA AHOLIGA XIZMAT KO‘RSATISH SIFATINI HAMDA SAMARADORLIGINI OSHIRISH

Abduvaytov Abbos Shavkat o‘g‘li
Samarqand iqtisodiyot va servis instituti
tel:+998971359292 e-mail: *abbosabduvaytov069@gmail.com*
Kurbaniyazov Zafar Saparbayevich
Samarqand iqtisodiyot va servis instituti assistent
tel:+998995937747 e-mail: zafarkurbaniyazov17@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur tezisda aqlli uy datchik tizimlarida yuzaga keladigan nosozliklarni o‘z vaqtida aniqlash va bartaraf etish masalalari hamda ushbu jarayonni takomillashtirish orqali aholiga xizmat ko‘rsatish samaradorligini oshirish masalalari tadqiq etiladi. Aqlli uy tizimlarida harorat, namlik, gaz, tutun, harakat, yorug‘lik, energiya sarfi va boshqa parametrlarni nazorat qiluvchi datchiklardan foydalaniladi. Mazkur datchiklarning noto‘g‘ri ishlashi yoki o‘lchash ma’lumotlarining buzilishi avtomatlashtirilgan boshqaruv jarayonining samaradorligiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin.

Tadqiqotda datchiklardan kelayotgan ma’lumotlarni uzluksiz monitoring qilish, me’yoriy qiymatlardan og‘ishlarni aniqlash va nosozliklarni tezkor diagnostika qilishga asoslangan yondashuv taklif etiladi. Shuningdek, nosozliklarni aniqlash va bartaraf etish tezligi aholiga xizmat ko‘rsatish sifati hamda samaradorligini belgilovchi asosiy omillardan biri sifatida qaraladi. Taklif etilayotgan yondashuv aqlli uy tizimlarining ishonchliligini oshirish, texnik xizmat ko‘rsatish vaqtini qisqartirish va foydalanuvchilarga ko‘rsatiladigan xizmat sifatini yaxshilashga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: aqlli uy, datchik, sensor tizimi, nosozliklarni aniqlash, diagnostika, monitoring, avtomatlashtirish, texnik xizmat ko‘rsatish, xizmat samaradorligi, ishonchlilik.

Kirish

Bugungi kunda raqamli texnologiyalarning jadal rivojlanishi natijasida turar joylarda turli jarayonlarni avtomatlashtirish va masofadan boshqarish imkonini beruvchi aqlli uy tizimlaridan foydalanish kengayib bormoqda. Aqlli uy texnologiyalari foydalanuvchilarga uy sharoitidagi xavfsizlik, energiya sarfi, mikroiqlim va boshqa jarayonlarni avtomatik nazorat qilish imkonini beradi.

Mazkur tizimlarning samarali ishlashi ko‘p jihatdan ularda qo‘llaniladigan datchiklarning texnik holati va ulardan olinayotgan ma’lumotlarning aniqligiga bog‘liq. Masalan, harorat yoki namlik datchigining noto‘g‘ri ma’lumot uzatishi isitish, sovitish yoki shamollatish tizimlarining noto‘g‘ri ishlashiga olib kelishi mumkin. Gaz yoki tutun datchigidagi nosozlik esa xavfsizlik bilan bog‘liq jiddiy muammolarni keltirib chiqarishi ehtimolini oshiradi.

Shu sababli aqlli uy tizimlarida datchiklarning holatini doimiy monitoring qilish, nosozliklarni erta aniqlash va ularni tezkor bartaraf etish muhim ilmiy-amaliy vazifalardan biri hisoblanadi. Ayniqsa, bir nechta xonadon yoki obyektlarda ishlayotgan datchik tizimlarini markazlashgan holda nazorat qilish aholiga texnik xizmat ko‘rsatish samaradorligini oshirish imkonini beradi.

Asosiy qism

Aqlli uy datchik tizimi odatda bir nechta funksional elementlardan tashkil topadi. Bular datchiklar, ma’lumotlarni uzatish moduli, markaziy boshqaruv qurilmasi, ma’lumotlarni qayta ishlash vositalari va foydalanuvchi interfeysidan iborat bo‘lishi mumkin. Datchiklar real muhitdagi fizik parametrlarni o‘lchab, olingan ma’lumotlarni boshqaruv tizimiga uzatadi.

Datchiklarda uchraydigan nosozliklarni bir nechta guruhga ajratish mumkin:

- datchikning umuman signal bermasligi;
- o‘lchash qiymatining me’yoridan ortiq og‘ishi;
- ma’lumotlarning uzatilishida uzilishlar;
- takroriy yoki noto‘g‘ri qiymatlarning yuborilishi;
- datchikning vaqt o‘tishi bilan aniqligini yo‘qotishi;
- aloqa kanalidagi uzilishlar;
- quvvat manbai bilan bog‘liq nosozliklar.

Nosozliklarni aniqlashning oddiy usullaridan biri datchik ko‘rsatkichlarini oldindan belgilangan chegaraviy qiymatlar bilan taqqoslashdir. Biroq bunday yondashuv har doim ham yetarli bo‘lmaydi. Chunki real sharoitda parametrlarning tabiiy o‘zgarishi bilan datchikdagi nosozlikni bir-biridan ajratish talab etiladi.

Shu sababli datchiklardan kelayotgan ma’lumotlarni vaqt bo‘yicha tahlil qilish, ketma-ket o‘lchovlar orasidagi farqlarni aniqlash va boshqa datchiklarning ko‘rsatkichlari bilan taqqoslash samarali natija berishi mumkin. Masalan, bir xonadondagi harorat datchigi keskin o‘zgarish ko‘rsatsa, ushbu o‘zgarish boshqa tegishli datchiklarning ma’lumotlari bilan solishtiriladi. Agar fizik sharoit bunday o‘zgarishni tasdiqlamasa, tizim ushbu holatni ehtimoliy nosozlik sifatida qayd etishi mumkin.

Taklif etilayotgan yondashuvda nosozliklarni aniqlash jarayonini quyidagi ketma-ketlikda tashkil etish maqsadga muvofiq:

Datchik → ma’lumotlarni yig‘ish → dastlabki tekshirish → og‘ishni aniqlash → nosozlikni tasniflash → texnik xizmat ko‘rsatish → qayta tekshirish.

Bunday yondashuvning muhim jihati shundaki, aniqlangan nosozlik faqat qayd etilib qolmasdan, balki uni bartaraf etish jarayoni ham tizim tomonidan nazorat qilinadi. Ta’mirlash yoki datchikni almashtirishdan so‘ng qayta o‘lchash amalga oshiriladi va tizimning normal ishlash holatiga qaytgani tekshiriladi.

Turli xonadonlarda o‘rnatilgan bir xil turdagi datchiklarning ma’lumotlarini o‘zaro solishtirish ham nosozliklarni aniqlashda qo‘shimcha imkoniyat yaratadi. Bunda bir xil sharoitdagi datchiklarning ko‘rsatkichlari orasidagi sezilarli farqlar diagnostika uchun signal sifatida ishlatilishi mumkin. Mazkur jarayonni avtomatlashtirish orqali texnik xizmat ko‘rsatuvchi tashkilotlar nosozlik haqida foydalanuvchining murojaatini kutmasdan, muammoni oldindan aniqlashi mumkin. Natijada xizmat ko‘rsatishning reaktiv modelidan proaktiv modeliga o‘tish imkoniyati paydo bo‘ladi.

Amaldagi aqlli uy tizimlarida datchikdan kelayotgan ma’lumot noto‘g‘ri bo‘lsa, tizim ko‘pincha faqat chegaraviy qiymatdan oshishni qayd etadi. Lekin har bir noodatiy qiymat ham nosozlik degani emas.

Masalan:

- xona harorati 22°C dan 28°C ga ko‘tarildi – bu haqiqiy holat bo‘lishi mumkin;

• datchik 22°C o‘rniga birdan 55°C ko‘rsatdi – bu nosozlik bo‘lishi mumkin;
• datchik doimiy ravishda 25°C ko‘rsatmoqda – fizik sharoit o‘zgarsa ham qiymat o‘zgarmasa, datchik “qotib qolgan” bo‘lishi mumkin.

Shuning uchun biz faqat chegaraviy qiymatni emas, balki datchik ma’lumotining vaqt bo‘yicha o‘zgarishi va boshqa datchiklar bilan mosligini ham hisobga oladigan diagnostika usulini taklif qilamiz.

Taklif etilayotgan ilmiy model

Tizimni quyidagi ketma-ketlikda tashkil etish mumkin:

Datchiklar → ma’lumotlarni yig‘ish → dastlabki filtrlash → me’yoriy qiymat bilan taqqoslash → boshqa datchiklar bilan solishtirish → nosozlik ehtimolini baholash → nosozlikni tasniflash → xizmat ko‘rsatish → qayta tekshirish

Buni tezisda **“aqlli diagnostika va xizmat ko‘rsatish modeli”** sifatida taklif qilish mumkin.

Nosozlik ehtimolini baholash

Ilmiy jihatdan modelni oddiy matematik ko‘rinishda ifodalashimiz mumkin.

Datchikning holatini baholash uchun:

$$F=w1D+w2T+w3C+w4R$$

bu yerda:

- **F** – datchik nosozligining umumiy bahosi;
- **D** – me’yoriy qiymatdan og‘ish darajasi;
- **T** – vaqt bo‘yicha o‘zgarish ko‘rsatkichi;
- **C** – boshqa datchiklar bilan moslik darajasi;
- **R** – takroriy o‘lchashlardagi beqarorlik;
- w_1 , w_2 , w_3 , w_4 – har bir ko‘rsatkichning ahamiyatini belgilovchi vazn koeffitsiyentlari.

Shunda:

- **F kichik** → datchik normal ishlayapti;
- **F o‘rta** → datchikni qo‘shimcha tekshirish kerak;
- **F yuqori** → ehtimoliy nosozlik;
- **F juda yuqori** → texnik xizmat ko‘rsatish yoki datchikni almashtirish talab etiladi.

Bu formulani keyinchalik tajriba ma’lumotlari bilan asoslashimiz mumkin.

Turli uylar o‘rtasidagi taqqoslash

Mavzuni yanada kuchaytirish uchun turli xonadonlardagi bir xil datchiklarni o‘zaro taqqoslashni ham modelga kiritamiz.

Masalan:

Uy	Harorat datchigi	Namlik	Holat
1-uy	23.1°C	48%	Normal
2-uy	23.4°C	50%	Normal

Uy	Harorat datchigi	Namlik	Holat
3-uy	23.2°C	49%	Normal
4-uy	47.8°C	49%	Shubhali
5-uy	23.3°C	51%	Normal

Agar 4-uydagi harorat keskin farq qilsa, tizim bu holatni avtomatik ravishda tekshirilishi kerak bo‘lgan obyekt sifatida belgilaydi.

Bu yerda juda muhim jihat bor: turli uylarning sharoiti bir xil bo‘lmasligi mumkin. Shuning uchun oddiy taqqoslash emas, balki xona turi, vaqt, tashqi harorat va foydalanish sharoitlarini hisobga oluvchi normalizatsiyalangan taqqoslashdan foydalanish maqsadga muvofiq.

Xizmat ko‘rsatish samaradorligini baholash

Bizning mavzuning ikkinchi yarmi aynan shu yerda paydo bo‘ladi. Nosozlikni aniqlashning o‘zi yetarli emas. Uning aholiga xizmat ko‘rsatish samaradorligiga qanday ta’sir qilganini ham o‘lchash kerak.

Buning uchun quyidagi ko‘rsatkichlarni kiritamiz:

$$E=f(Ta,Tb,Nr,Cs,Sq)$$

bu yerda:

- T_a – nosozlikni aniqlash vaqti;
- T_β – nosozlikni bartaraf etish vaqti;
- N_r – takroriy murojaatlar soni;
- C□ – xizmat ko‘rsatish xarajati;
- S_φ – foydalanuvchi qoniqish darajasi;

ya’ni, nosozlikni qanchalik tez aniqlasak va bartaraf etsak **xizmat ko‘rsatish samaradorligi** shunchalik yuqori bo‘ladi.

Bizning ilmiy yangiligimiz.

Tezisda ilmiy yangilikni quyidagicha shakllantirish mumkin:

“Aqlli uy datchik tizimlarida nosozliklarni aniqlash uchun datchik ko‘rsatkichlarining me’yoriy qiymatdan og‘ishi, vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchanligi va o‘zaro mosligini kompleks baholashga asoslangan diagnostika modeli taklif etildi. Mazkur model asosida aniqlangan nosozliklarni tezkor bartaraf etish va texnik xizmat ko‘rsatish jarayonini optimallashtirish orqali aholiga xizmat ko‘rsatish samaradorligini oshirish mexanizmi ishlab chiqildi.”

Aholiga xizmat ko‘rsatish samaradorligini oshirish

Aqlli uy tizimlarida nosozliklarni tezkor aniqlash nafaqat texnik tizimning ishonchliligini oshiradi, balki aholiga xizmat ko‘rsatish samaradorligiga ham bevosita ta’sir qiladi.

Xizmat samaradorligini baholashda quyidagi ko‘rsatkichlardan foydalanish mumkin:

- nosozlikni aniqlash vaqti;
- nosozlikni bartaraf etish vaqti;
- takroriy murojaatlar soni;
- texnik xizmat ko‘rsatish xarajatlari;

- tizimning uzluksiz ishlash darajasi;
- foydalanuvchi murojaatlarini ko‘rib chiqish tezligi;
- xizmat ko‘rsatishdan foydalanuvchilarning qoniqish darajasi.

Masalan, nosozlik avtomatik ravishda aniqlansa, xizmat ko‘rsatuvchi xodimga muammo haqida tezkor xabar yuborilishi va zarur texnik choralar oldindan rejalashtirilishi mumkin. Bu esa nosozlikning uzoq vaqt davom etishining oldini oladi.

Shuningdek, datchiklarning texnik holati bo‘yicha tarixiy ma’lumotlarni saqlash kelgusida qaysi turdagi nosozliklar ko‘proq uchrashini aniqlash imkonini beradi. Ushbu ma’lumotlardan profilaktik texnik xizmat ko‘rsatish jadvalini shakllantirishda foydalanish mumkin.

Natijalar va muhokama

Tadqiqot natijasida aqlli uy datchik tizimlarida nosozliklarni aniqlashni avtomatlashtirish orqali texnik xizmat ko‘rsatish jarayonining samaradorligini oshirish mumkinligi aniqlandi. Datchiklardan kelayotgan ma’lumotlarni doimiy monitoring qilish nosozliklarni foydalanuvchi tomonidan aniqlanishidan oldin aniqlash imkoniyatini yaratadi.

Taklif etilgan diagnostika yondashuvi uchta asosiy natijani ta’minlaydi: birinchidan, datchiklarning ishlash holatini uzluksiz nazorat qilish; ikkinchidan, nosozliklarni erta aniqlash; uchinchidan, texnik xizmat ko‘rsatish jarayonini tezkor tashkil etish.

Bundan tashqari, turli xonadonlardagi datchiklarning ko‘rsatkichlarini taqqoslash tizimdagi yashirin nosozliklarni aniqlash uchun qo‘shimcha axborot manbai bo‘lib xizmat qiladi. Bu esa aqlli uy infratuzilmasining umumiy ishonchliligini oshirishga yordam beradi.

Xulosa

Aqlli uy tizimlarining keng joriy etilishi bilan ulardagi datchiklarning ishonchli va uzluksiz ishlashini ta’minlash muhim ahamiyat kasb etmoqda. Datchiklarda yuzaga keladigan nosozliklarni o‘z vaqtida aniqlash va bartaraf etish tizimning funksional imkoniyatlarini saqlab qolish bilan birga, aholiga ko‘rsatiladigan xizmatlarning sifati va tezkorligini ham oshiradi.

Tadqiqotda taklif etilgan yondashuv datchiklardan ma’lumotlarni uzluksiz yig‘ish, ularni tahlil qilish, me’yoriy holatdan og‘ishlarni aniqlash, nosozlikni tasniflash va texnik xizmat ko‘rsatish jarayonini nazorat qilishga asoslanadi. Bunday tizimdan foydalanish orqali texnik xizmat ko‘rsatishni avtomatlashtirish, nosozliklarni bartaraf etish vaqtini qisqartirish va foydalanuvchilarning xizmatlardan qoniqish darajasini oshirish mumkin.

Kelgusida ushbu yondashuvni mashinali o‘qitish algoritmlari, prediktiv diagnostika va IoT texnologiyalari bilan integratsiya qilish orqali datchiklarda yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan nosozliklarni oldindan bashorat qilish imkoniyatlarini tadqiq etish maqsadga muvofiq.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. ISO/IEC 17025:2017. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. International Organization for Standardization, 2017.

2. Fagan, M., Megas, K., Watrobski, P., Marron, J., Cuthill, B. *Profile of the IoT Core Baseline for Consumer IoT Products.* NISTIR 8425, National Institute of Standards and Technology, 2022.

3. Mazumdar, S., Bostos, D., Singhal, A. *Security Auditing of Internet of Things Devices in a Smart Home.* Advances in Digital Forensics XVII, Springer, 2021.

4. Fagan, M., Megas, K., Cuthill, B., Marron, J., Hoehn, B. *Foundational Cybersecurity Activities for IoT Product Manufacturers.* NIST IR 8259 Rev. 1, National Institute of Standards and Technology, 2026.

5. Boeckl, K., Fagan, M., Fisher, W., Lefkovitz, N., Megas, K., Nadeau, E., Piccarreta, B., Gabel O'Rourke, D., Scarfone, K. *Considerations for Managing Internet of Things (IoT) Cybersecurity and Privacy Risks.* NISTIR 8228, National Institute of Standards and Technology, 2019.

6. NIST. *Security for IoT Sensor Networks: Building Management Case Study.* National Institute of Standards and Technology, 2019.

IOT SENSORLARI MA'LUMOTLARI ASOSIDA MASHINALI O'QITISH YORDAMIDA EKOLOGIK ANOMALIYALARNI ANIQLASH VA XAVFNI BAHOLASH

Mamanazarov Baxrom Jumonovich, bmamanazarovatt@gmail.com
Mavlonov Obid Nizomovich mavlonov8686@gmail.com
Samarqand iqtisodiyot va servis instituti dotsenti
Boymirzayeva Lobar Olimjon qizi
Samarqand davlat universiteti talabasi **tel:** +998991479911

Annotatsiya. Mazkur tezisda Internet of Things (IoT) texnologiyalari asosida ekologik monitoringda shakllanadigan sensor ma'lumotlarini mashinali o'qitish usullari yordamida tahlil qilish va ekologik anomaliyalarni avtomatik aniqlash masalasi tadqiq etiladi. IoT sensorlari orqali havo harorati, namlik, atmosfera ifloslanishi va boshqa ekologik parametrlarning uzluksiz kuzatilishi katta hajmdagi ma'lumotlarning shakllanishiga olib kelmoqda. An'anaviy chegaraviy qiymatlar asosidagi nazorat esa sensor xatoliklari va noodatiy ekologik holatlarni to'liq aniqlashda yetarli emas.

Tadqiqotda sensor ma'lumotlarini dastlabki qayta ishlash, yetishmayotgan qiymatlarni aniqlash, normalizatsiya qilish va mashinali o'qitish modeliga tayyorlash bosqichlari ko'rib chiqiladi. Anomaliyalarni aniqlash uchun nazoratsiz o'qitishga asoslangan Isolation Forest algoritmidan foydalanish taklif etiladi. Aniqlangan anomaliyalar asosida ekologik xavf darajasini baholash uchun risk ko'rsatkichi shakllantiriladi. Natijada IoT, ma'lumotlar tahlili va sun'iy intellektni

birlashtiruvchi avtomatlashtirilgan ekologik monitoring modelining konseptual arxitekturasi taklif etiladi.

Kalit so‘zlar: IoT, ekologik monitoring, mashinali o‘qitish, sun’iy intellekt, anomaliya, Isolation Forest, sensor ma’lumotlari, ekologik xavf.

Abstract. This thesis investigates the analysis of sensor data generated in environmental monitoring based on Internet of Things (IoT) technologies using machine learning methods and the automatic detection of environmental anomalies. Continuous monitoring of air temperature, humidity, atmospheric pollution, and other environmental parameters through IoT sensors results in the generation of large volumes of data. However, conventional monitoring based on threshold values is insufficient for fully identifying sensor errors and unusual environmental conditions.

The study considers the preprocessing of sensor data, including the identification of missing values, normalization, and preparation of data for machine learning models. The Isolation Forest algorithm, an unsupervised machine learning method, is proposed for anomaly detection. Based on the detected anomalies, a risk indicator is developed to assess the level of environmental risk. As a result, a conceptual architecture of an automated environmental monitoring model integrating IoT, data analysis, and artificial intelligence is proposed.

Keywords: IoT, environmental monitoring, machine learning, artificial intelligence, anomaly detection, Isolation Forest, sensor data, environmental risk.

Atrof-muhit, xususan atmosfera havosi sifatini uzluksiz monitoring qilish ekologik xavflarni erta aniqlashda muhim ahamiyatga ega. Jahon sog‘liqni saqlash tashkilotining 2021-yilgi havo sifati bo‘yicha global yo‘riqnomalarida $PM_{2.5}$, PM_{10}, O_3, NO_2, SO_2 va CO asosiy ifloslantiruvchilar sifatida belgilangan [1].

An’anaviy monitoringda sensor ko‘rsatkichlarini belgilangan chegaralar bilan taqqoslash qo‘llanadi. Biroq bu usul sensor xatoliklari, keskin o‘zgarishlar va bir nechta ekologik parametrlarning o‘zaro bog‘liqligi natijasida yuzaga keladigan noodatiy holatlarni aniqlashda cheklangan. IoT texnologiyalari esa turli sensorlardan ma’lumotlarni uzluksiz yig‘ish va uzatish imkonini berib, mashinali o‘qitish usullaridan foydalanish uchun zarur ma’lumotlar oqimini shakllantiradi. IoT va sensor tarmoqlarida anomaliyalarni aniqlashda mashinali o‘qitish usullaridan foydalanish ilmiy adabiyotlarda samarali yo‘nalish sifatida qayd etilgan [3].

Shu asosda mazkur tadqiqotda IoT sensorlaridan olinadigan ekologik ma’lumotlarni mashinali o‘qitish asosida tahlil qilish va odatiy kuzatuvlardan farq qiluvchi ekologik anomaliyalarni avtomatik aniqlash masalasi ko‘rib chiqiladi.

Tadqiqotning asosiy muammosi - IoT sensorlaridan keladigan katta hajmdagi ekologik ma’lumotlar orasidan odatiy holatdan sezilarli farq qiluvchi kuzatuvlarni avtomatik aniqlash va ularning ekologik xavf darajasini baholash.

Tadqiqotning maqsadi - IoT sensorlaridan olinadigan ekologik ma’lumotlarni mashinali o‘qitish usullari asosida tahlil qilish, ma’lumotlardagi anomaliyalarni avtomatik aniqlash va ularning ekologik xavf darajasini baholashga mo‘ljallangan modelni ishlab chiqish.

Tadqiqot maqsadiga erishish uchun quyidagi vazifalar belgilandi:

1. Ekologik monitoringda qo‘llaniladigan IoT sensorlari va asosiy parametrlarni aniqlash;
2. Sensor ma’lumotlarini tozalash, yetishmayotgan qiymatlarni qayta ishlash va normalizatsiya qilish usullarini belgilash;
3. Ko‘p o‘lchovli sensor ma’lumotlarini mashinali o‘qitish modeliga tayyorlash;
4. Sensor ma’lumotlaridagi odatiy va noodatiy kuzatuvlarni ajratish;
5. Ekologik anomaliyalarni aniqlash uchun Isolation Forest algoritmini qo‘llash;
6. Aniqlangan anomallik ko‘rsatkichlari asosida ekologik xavf darajasini baholash;

Taklif etilayotgan modelning aniqligi, amaliy qo‘llanish imkoniyati va monitoring jarayonidagi samaradorligini baholash.

Tadqiqot obyekti - IoT sensorlari orqali shakllantiriladigan ekologik monitoring ma’lumotlari.

Tadqiqot predmeti - IoT sensor ma’lumotlaridagi ekologik anomaliyalarni mashinali o‘qitish asosida aniqlash va aniqlangan anomaliyalar asosida ekologik xavfni baholash usullari.

WHOning amaldagi havo sifati ma’lumotlarida $PM_{2.5}$, PM_{10}, NO_2, SO_2, O_3 va CO asosiy ifloslantiruvchilar qatorida keltiriladi.

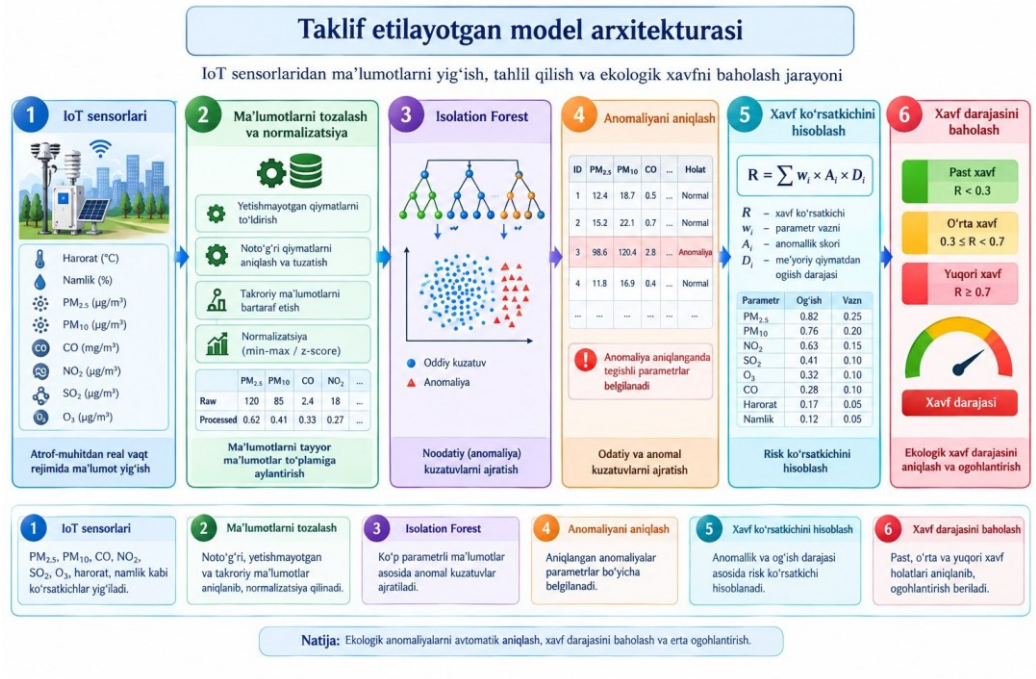
Tadqiqot metodologiyasi. Tadqiqotda IoT sensorlaridan olinadigan ekologik ma’lumotlarni mashinali o‘qitish asosida tahlil qilish metodologiyasi taklif etildi. Dastlab havo harorati, namlik, $PM_{2.5}$, PM_{10}, CO, NO_2, SO_2 va O_3 kabi ekologik parametrlar bo‘yicha sensor ma’lumotlarini tozalash, yetishmayotgan qiymatlarni qayta ishlash va normalizatsiya qilish bosqichlari nazarda tutildi.

Modelni amaliy jihatdan sozlashda `n_estimators`, `max_samples`, `contamination` va `random_state` kabi giperparametrlar hisobga olinadi. `n_estimators` ansambldagi izolyatsiya daraxtlari sonini, `max_samples` har bir daraxtni qurishda foydalaniladigan namunalar hajmini, `contamination` esa ma’lumotlar tarkibidagi kutilayotgan anomal kuzatuvlar ulushini belgilashda foydalaniladi. Isolation Forestning amaliy realizatsiyasida anomalilik bahosi daraxtlardagi kuzatuvlarning o‘rtacha anomalilik ko‘rsatkichiga asoslanadi [2].

Ushbu yondashuvning ekologik sensor tizimlarida qo‘llanishi avvalgi tadqiqotlarda ham ko‘rsatilgan. Xususan, 2025-yilda MethodsX jurnalida chop etilgan tadqiqotda Environmental Sensor Telemetry Data tarkibidagi harorat, namlik, CO, LPG va smoke ko‘rsatkichlari mavjud bo‘lgan, oldindan belgilangan sinf yorliqlari bo‘lmagan ma’lumotlar uchun Isolation Forest yordamida anomal

kuzatuvlar aniqlangan. Keyinchalik hosil qilingan anomalik yorliqlar Random Forest, MLP va AdaBoost modellarini o‘qitishda ishlatilgan [3].

Ekologik anomaliyalarni aniqlash uchun nazoratsiz mashinali o‘qitish algoritmi - **Isolation Forest** algoritmidan foydalanish taklif etildi. [2]Algoritm kuzatuvlarning ma’lumotlar to‘plamidagi ajralish xususiyatiga asoslanib, odatiy holatlardan sezilarli farq qiluvchi kuzatuvlarni aniqlaydi. Aniqlangan anomaliyalar asosida ekologik xavf darajasini baholash uchun risk ko‘rsatkichi shakllantirildi.



1-rasm. Taklif etilayotgan model arxitekturasi.

Model IoT sensorlaridan ekologik ma’lumotlarni yig‘ish, ularni tozalash va normalizatsiya qilish, Isolation Forest algoritmi yordamida anomal kuzatuvlarni aniqlash hamda aniqlangan anomaliyalar asosida xavf ko‘rsatkichini hisoblash va ekologik xavf darajasini baholash bosqichlaridan iborat. Natijada ekologik anomaliyalarni avtomatik aniqlash va xavfli holatlar haqida erta ogohlantirish imkoniyati yaratiladi.

Tadqiqot natijalari. Tadqiqotda Isolation Forest yordamida IoT sensorlaridan olingan ma’lumotlar orasidagi anomal kuzatuvlar aniqlandi. Model samaradorligini baholash uchun Precision, Recall, F1-score va ROC-AUC metrikalaridan foydalanish nazarda tutiladi. Oldindan belgilangan anomal kuzatuvlar mavjud bo‘lmagan holatda esa natijalarni statistik barqarorlik va ekologik referens qiymatlar bilan muvofiqligi asosida baholash taklif etiladi.

Aniqlangan anomaliyalarni ekologik parametrlarning referens qiymatlardan og‘ishi bilan solishtirish va ularning ekologik ahamiyatini baholash taklif etildi.

Agar ma’lumotlarda oldindan belgilangan anomal kuzatuvlar mavjud bo‘lmasa, model samaradorligini sun’iy aniqlik ko‘rsatkichlari bilan emas, balki

statistik barqarorlik va ekologik referens qiymatlar bilan muvofiqligi asosida baholash maqsadga muvofiqdir.

Mazkur natijalar asosida taklif etilgan modelda aniqlangan anomaliyalar parametrlarning me'yoriy qiymatdan og'ish darajasi bilan birlashtirilib, ekologik xavf ko'rsatkichi shakllantiriladi.

Muammoning yechimi. Aniqlangan anomal kuzatuvlarning ekologik ahamiyatini baholashda sensor qiymatlari WHOning 2021-yilgi Global Air Quality Guidelines hujjatida keltirilgan referens darajalar bilan solishtiriladi. Jumladan, $PM_{2.5}$, PM_{10}, NO_2, SO_2, O_3 va CO uchun tegishli o'rtacha davrlar bo'yicha yo'riqnoma qiymatlari hisobga olinadi [1].

Shu asosda xavf bahosi ikki omil - anomaliyaning aniqlanishi va ekologik parametrning referens qiymatdan og'ish darajasi – asosida shakllantiriladi. Bunda WHO qiymatlari modelning tayyor "xavf chegaralari" sifatida emas, balki ekologik xavfni talqin qilish uchun ilmiy referens sifatida qo'llanadi. Yakuniy xavf darajalari esa modelning real ma'lumotlar asosidagi kalibrlash natijalariga ko'ra belgilanadi.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi - IoT sensor ma'lumotlaridagi statistik anomaliyalarni Isolation Forest algoritmi yordamida aniqlash va aniqlangan anomaliyalarni ekologik parametrlarning referens qiymatlardan og'ish darajasi bilan birgalikda baholashga asoslangan yondashuvning taklif etilganligidan iborat.

Xulosa. Tadqiqotda IoT sensorlaridan olinadigan ekologik ma'lumotlarni mashinali o'qitish asosida tahlil qilish, anomal kuzatuvlarni avtomatik aniqlash va ekologik xavfni baholashga yo'naltirilgan model taklif etildi. Sensor ma'lumotlarini tozalash va normalizatsiya qilishdan so'ng Isolation Forest algoritmi yordamida anomal holatlar ajratildi. Aniqlangan anomaliyalar ekologik parametrlarning WHO referens qiymatlaridan og'ishi bilan birgalikda baholanib, xavf ko'rsatkichini shakllantirish yondashuvi ishlab chiqildi. Taklif etilgan model ekologik monitoringda potensial xavfli holatlarni erta aniqlash imkonini beradi. Modelning amaliy samaradorligini real IoT ma'lumotlari asosida Precision, Recall va F1-score orqali baholash keyingi tadqiqot bosqichi sifatida belgilandi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Jahon sog'liqni saqlash tashkiloti. Global havo sifati bo'yicha yo'riqnomalar: $PM_{2.5}$, PM_{10}, ozon, azot dioksidi, oltingugurt dioksidi va uglerod oksidi. – Jeneva: JSST, 2021. – 290 b.

2. Liu F.T., Ting K.M., Zhou Z.-H. Isolation Forest. // 8th IEEE International Conference on Data Mining. – 2008.

3. Atrof-muhit sensor tizimlarida bashoratli texnik xizmat ko'rsatish va anomaliyalarni aniqlash uchun ikki bosqichli mashinali o'qitish yondashuvi. // MethodsX. – 2025. – Vol. 14. – 103181.

IOT TEXNOLOGIYALARI ASOSIDA EKOLOGIK MONITORINGNING AQLLI AXBOROT TIZIMINI ISHLAB CHIQISH

Suyarov Akram Musayevich
Samarqand iqtisodiyot va servis institute Axborot texnologiyalari kafedrasi dotsenti, akramsuyarov@mail.ru
Suvonov Sunnatbek Shoto‘ra o‘g‘li*. Samarqand iqtisodiyot va servis instituti*
Axborot texnologiyalari kafedrasi stajyor-assistenti suvonov.is.me@gmail.com
Axmaedova Maxbuba Baxtiyorovna *Samarqand iqtisodiyot va servis instituti talabasi*

Annotatsiya. Maqolada IoT asosidagi ekologik monitoring tizimi ilmiy adabiyotlar, MQTT standarti va havo sifati bo‘yicha xalqaro tavsiyalar asosida tahlil qilindi. Asosiy e’tibor sensorlar sonini ko‘paytirishga emas, ma’lumotning ishonchliligi, uzluksizligi va tizimning keyinchalik kengaytirilishiga qaratildi. Tahlil natijasida sensor–shlyuz–server–foydalanuvchi qatlamlaridan iborat arxitektura taklif qilindi va uning amaliy joriy etilishida kalibrlash hamda ma’lumot sifati bosh masala ekani asoslandi.

Kalit so‘zlar: IoT, ekologik monitoring, sensor tarmog‘i, MQTT, ma’lumot sifati, bulutli platforma, havo sifati.

Kirish

IoT texnologiyasi ekologik monitoring uchun tabiiy yechim bo‘lib ko‘rinadi: sensor o‘lchaydi, tarmoq uzatadi, server saqlaydi va foydalanuvchi natijani ko‘radi. Biroq amaliyotda tizimning eng qimmat qismi ko‘pincha aloqa protokoli emas, balki uzoq muddat davomida ishonchli o‘lchov olishdir. Sensor ifloslansa, kalibrlash buzilsa yoki vaqt belgisi noto‘g‘ri bo‘lsa, chiroyli dashboard ham noto‘g‘ri xulosaga olib keladi.

Gubbi va hammualliflar IoTni sensor, aloqa, hisoblash va bulut xizmatlarini birlashtiradigan tizim sifatida ko‘rsatadi [1]. Al-Fuqaha va hammualliflar esa IoT arxitekturasida protokollar, moslik va xavfsizlik masalalarini markaziy muammo sifatida tahlil qiladi [2]. WHOning havo sifati qo‘llanmasi PM2.5, PM10, O3, NO2, SO2 va CO kabi ko‘rsatkichlarni kuzatishning sog‘liq nuqtayi nazaridan ahamiyatini belgilaydi [3]. Shu manbalarni birgalikda o‘qiganda, ekologik IoT tizimi “qurilmalarni ulash” loyihasidan ko‘ra ma’lumot sifatini boshqarish loyihasi ekani ayon bo‘ladi.

Tahlil usuli

Maqola nazariy-tahliliy xarakterga ega. IoT bo‘yicha ikkita asosiy ilmiy sharh [1, 2], MQTT 5.0 standarti [4], WHO tavsiyalari [3] va O‘zbekistonning atrof-muhitni muhofaza qilish konsepsiyasi [5] qiyosiy o‘rganildi. Muallif nuqtayi nazaridan, amaliy platforma kamida to‘rtta talabni qondirishi kerak:

ma’lumot manbasi aniq bo‘lishi, uzilishlar qayd etilishi, qurilma holati kuzatilishi va foydalanuvchiga faqat tekshirilgan signal chiqarilishi.

Tizim arxitekturasi va ma’lumot almashinuvi

Taklif etilayotgan arxitektura to‘rtta qatlamdan iborat. Sensor qatlamida ekologik ko‘rsatkich o‘lchanadi va vaqt belgisi bilan bog‘lanadi. Shlyuz qatlamida turli qurilmalardan ma’lumot yig‘ilib, dastlabki tekshiruvdan o‘tkaziladi. Server yoki bulut qatlamida yozuvlar saqlanadi, chegaraviy qiymatlar va uzilishlar nazorat qilinadi. Foydalanuvchi qatlamida esa grafik, xarita va ogohlantirishlar taqdim etiladi.

Qatlam	Asosiy vazifa	Nazorat nuqtasi
Sensor	PM, harorat, namlik va boshqa parametrlarni o‘lchash	Kalibrlash, vaqt belgisi, batareya holati
Shlyuz	Ma’lumotni yig‘ish va vaqtincha saqlash	Uzilish, takroriy paket, qurilma identifikatori
Server/bulut	Saqlash, filtrlash, API va ogohlantirish	Chegaraviy qiymat, audit jurnali, kirish huquqi
Veb-panel	Natijani foydalanuvchiga ko‘rsatish	Signal manbasi va ma’lumot yangilanish vaqti

MQTT 5.0 yengil publish/subscribe modeli bilan resursi cheklangan IoT qurilmalari uchun mos protokollardan biridir [4]. Biroq protokol tanlashning o‘zi tizim ishonchliligini kafolatlamaydi. Shlyuzda vaqtinchalik bufer bo‘lmasa, internet uzilishida ma’lumot yo‘qoladi; qurilma identifikatori va vaqt sinxronizatsiyasi aniq bo‘lmasa, bir xil nuqtadagi o‘lchovlar noto‘g‘ri tartiblanishi mumkin.

Menimcha, amaliy ekologik monitoringda “edge + cloud” yondashuvi foydali: shlyuz darajasida eng oddiy tekshiruvlar va vaqtincha saqlash bajariladi, markaziy platformada esa tarixiy tahlil va vizualizatsiya amalga oshiriladi. Bu internet barqaror bo‘lmagan hududlarda ham ma’lumot uzluksizligini saqlashga yordam beradi. Shu bilan birga, sensor qiymati fizik jihatdan imkonsiz sakrasa yoki uzoq vaqt o‘zgarmasa, tizim buni ekologik hodisa emas, avvalo texnik nosozlik ehtimoli sifatida tekshirishi kerak.

O‘zbekistonning 2030-yilgacha atrof-muhitni muhofaza qilish konsepsiyasi innovatsion texnologiyalarni joriy etish va ekologik holatni yaxshilashni ustuvor vazifalar qatoriga kiritadi [5]. Shuning uchun bunday platformani mahalliy sharoitga moslashtirishda texnologik imkoniyat bilan birga servis xarajati, kalibrlash imkoniyati va mutaxassislarning tizimdan foydalanish qulayligi ham hisobga olinishi kerak.

Ilmiy-nazariy taklif

1. Ekologik IoT platformasida har bir yozuv bilan birga qurilma identifikatori, vaqt belgisi, o‘lchov birligi, kalibrlash holati va aloqa sifati

haqidagi xizmat ma’lumotlarini saqlash taklif etiladi. Bu keyinchalik noto‘g‘ri signalning sababini aniqlash va ma’lumotni qayta tekshirish imkonini beradi.

2. Tizimni birdan katta hududga yoyish o‘rniga kichik pilotdan boshlash, sensor ko‘rsatkichlarini davriy nazorat o‘lchovi bilan solishtirish va faqat barqaror ishlagan arxitekturani kengaytirish tavsiya etiladi. Bu yondashuv dastlabki bosqichda texnik xatolar va ortiqcha xarajatlarni aniqlashga yordam beradi.

Xulosa

Qiyosiy tahlil IoT ekologik monitoringda uzluksiz ma’lumot yig‘ish uchun qulay texnologik asos berishini ko‘rsatdi. Biroq tizimning haqiqiy qiymati qurilmalar soni bilan emas, o‘lchovning tekshirilishi, uzilishlarning qayd etilishi va foydalanuvchiga signalning kelib chiqishi tushunarli bo‘lishi bilan belgilanadi. Sensor–shlyuz–server–foydalanuvchi arxitekturasi sodda ko‘rinsa-da, aynan kalibrlash, vaqt sinxronizatsiyasi va audit jurnali uni ilmiy va boshqaruv nuqtayi nazaridan ishonchli qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Gubbi J., Buyya R., Marusic S., Palaniswami M. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. Future Generation Computer Systems, 2013, 29(7):1645–1660. DOI: 10.1016/j.future.2013.01.010.

2. Al-Fuqaha A., Guizani M., Mohammadi M., Aledhari M., Ayyash M. Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2015, 17(4):2347–2376. DOI: 10.1109/COMST.2015.2444095.

3. World Health Organization. WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: WHO, 2021.

4. OASIS. MQTT Version 5.0. OASIS Standard, 07 March 2019.

5. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 30-oktabrdagi PF-5863-son Farmoni. “2030-yilgacha bo‘lgan davrda O‘zbekiston Respublikasining Atrof muhitni muhofaza qilish konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”. LexUZ: https://lex.uz/docs/4574008.

BULUTLI TEXNOLOGIYALAR VA KATTA MA’LUMOTLAR TAHLILI ASOSIDA YASHIL IQTISODIYOTNING RAQAMLI MONITORING TIZIMINI TAKOMILLASHTIRISH

Suyarov Akram Musayevich
Samarqand iqtisodiyot va servis institute Axborot texnologiyalari kafedrasi dotsenti, akramsuyarov@mail.ru
Suvonov Sunnatbek Shoto‘ra o‘g‘li. Samarqand iqtisodiyot va servis institute Axborot texnologiyalari kafedrasi stajyor-assistenti
suvonov.is.me@gmail.com

Annotatsiya. Maqolada yashil iqtisodiyot ko‘rsatkichlarini yagona raqamli platformada kuzatishda bulutli hisoblash va katta ma’lumotlar yondashuvining imkoniyatlari tahlil qilindi. NIST bulutli hisoblash ta’rifi, UNEPning World Environment Situation Room platformasi, barqaror rivojlanish monitoringiga oid ilmiy ishlar va O‘zbekistonning “yashil” iqtisodiyotga o‘tish strategiyasi asosida konseptual model shakllantirildi. Tahlil shuni ko‘rsatadiki, platformaning foydasi faqat katta hajmdagi ma’lumotni saqlashda emas, balki ma’lumot kelib chiqishini hujjatlashtirish, sifat nazorati va qaror uchun tushunarli indikatorga aylantirishda namoyon bo‘ladi.

Kalit so‘zlar: yashil iqtisodiyot, bulutli hisoblash, Big Data, ekologik monitoring, WESR, raqamli platforma, ma’lumot sifati.

Kirish. Yashil iqtisodiyot bo‘yicha qarorlar ko‘pincha turli manbalardan keladigan ko‘rsatkichlarga tayanadi: energiya sarfi bir tizimda, suv iste’moli boshqa bazada, chiqindi yoki emissiya ma’lumoti esa alohida hisobotda saqlanishi mumkin. Muammo faqat ma’lumot yetishmasligida emas, balki bir xil ko‘rsatkichning turli vaqtda va turli usulda hisoblanishidadir. Shu sababli raqamli monitoring platformasi avvalo “yagona haqiqat manbai”ni shakllantirishi kerak.

NIST bulutli hisoblashni tarmoq orqali talabga muvofiq ajratiladigan umumiy hisoblash resurslari modeli sifatida ta’riflaydi [1]. UNEPning World Environment Situation Room platformasi esa ekologik ma’lumotlarni, tahlil vositalarini va mamlakat profillarini qaror qabul qilish uchun bir joyga jamlashga qaratilgan [2]. Bu ikki yondashuvdan kelib chiqadigan xulosa shuki, bulutning asosiy afzalligi “serverni internetga chiqarish” emas, balki turli manbalarni boshqariladigan va kengaytiriladigan axborot muhitiga ulashdir.

Tahlil usuli. Maqola nazariy va qiyosiy tahlil usuliga asoslangan. Bulutli hisoblashning texnik ta’rifi [1], global ekologik ma’lumot platformasi tajribasi [2], SDG monitoringida cloud va Big Datadan foydalanish [3], Yer kuzatuvi ma’lumotlarining ekologik izi [4], katta ma’lumotlarning yashil rivojlanishga ta’siri haqidagi empirik ish [5] hamda O‘zbekistonning yashil iqtisodiyot strategiyasi [6] o‘rganildi.

Raqamli monitoring platformasining mantiqiy modeli. Taklif etilayotgan platforma besh qatlamdan iborat: ma’lumot manbalari, integratsiya, saqlash, tahlil va vizual boshqaruv. Ma’lumot manbalariga IoT sensorlari, korxona axborot tizimlari, statistika, meteorologik ma’lumotlar va masofadan zondlash kirishi mumkin. Integratsiya qatlamida format, vaqt belgisi va identifikatorlar birxillashtiriladi. Saqlash qatlamida xom va tozalangan ma’lumot ajratiladi. Tahlil qatlamida indikatorlar va tendensiyalar hisoblanadi, foydalanuvchi qatlamida esa natija grafik va ogohlantirish ko‘rinishida beriladi.

Manba	Platformadagi vazifa	Asosiy sifat savoli
IoT va hisoblagichlar	Tez-tez yangilanadigan operativ ma’lumot	Sensor qachon kalibrlangan?
Korxona tizimlari	Resurs, ishlab chiqarish va chiqindi ko‘rsatkichlari	Hisoblash metodikasi bir xilmi?

Manba	Platformadagi vazifa	Asosiy sifat savoli
GIS va Yer kuzatuvi	Hududiy o‘zgarish va qoplama tahlili	Fazoviy va vaqt aniqligi yetarlimi?
Ochiq statistika	Kontekst va taqqoslash	Yangilanish davri va manba kim?

Wu va hammualliflar cloud xizmatlari, katta ma’lumot va Yer kuzatuvi ma’lumotlarini SDG monitoringida birlashtirish imkoniyatlarini ko‘rsatadi, shu bilan birga ma’lumotni validatsiya qilish va sifat nazorati zarurligini alohida ta’kidlaydi [3]. Bu fikr amaliy platforma uchun juda muhim: noto‘g‘ri ma’lumotni tez qayta ishlash uni to‘g‘ri ma’lumotga aylantirmaydi.

Wang va hammualliflarning Xitoy provinsiyalari bo‘yicha empirik tahlili katta ma’lumotlar yashil iqtisodiy rivojlanish bilan ijobiy bog‘liqligini, ayniqsa texnologik taraqqiyot kanali kuchli ekanini ko‘rsatadi [5]. Biroq bu natijani O‘zbekiston sharoitiga to‘g‘ridan-to‘g‘ri ko‘chirish mumkin emas; iqtisodiy tuzilma, ma’lumot infratuzilmasi va boshqaruv tizimi farq qiladi. Mazkur maqolada ushbu tadqiqot dalil emas, balki raqamlashtirish va yashil rivojlanish o‘rtasidagi ehtimoliy mexanizmni tushuntiruvchi manba sifatida ishlatiladi.

Bulutli infratuzilmaning ekologik tomoni ham e’tibordan chetda qolmasligi kerak. Wilkinson va hammualliflar Yer kuzatuvi ma’lumotlarini saqlash va bulutda qayta ishlashning o‘zi energiya, suv va apparat resurslari bilan bog‘liq ekologik iz qoldirishini ko‘rsatadi [4]. Demak, “yashil monitoring” platformasi cheksiz ma’lumot to‘plash emas, zarur ma’lumotni maqsadli saqlash tamoyiliga tayansa maqsadga muvofiq.

O‘zbekiston sharoiti uchun talqin. 2019–2030-yillarda O‘zbekiston Respublikasining “yashil” iqtisodiyotga o‘tish strategiyasida energiya samaradorligi, qayta tiklanuvchi energiya, tabiiy resurslardan foydalanish samaradorligi va ekotizimlarni asrash ustuvor yo‘nalishlar sifatida belgilangan [6]. Raqamli monitoring tizimi shu maqsadlarning o‘zini almashtirmaydi, lekin ularning bajarilishini kuzatish uchun bir xil metodikada yangilanadigan indikatorlar bazasini yaratishi mumkin.

Muallif nuqtayi nazaridan, bunday platformada eng avval texnologiya emas, indikator lug‘ati ishlab chiqilishi kerak: ko‘rsatkich nomi, formulasi, o‘lchov birligi, ma’lumot manbasi, yangilanish davri va mas’ul tashkilot aniq ko‘rsatiladi. Shundan keyingina bulutli ombor va dashboard qurish mantiqiy bo‘ladi. Aks holda bir xil nomdagi indikatorlar turli usulda hisoblanib, raqamli tizim faqat mavjud nomuvofiqlikni tezlashtirishi mumkin.

Taklif va tavsiyalar.

1. Yashil iqtisodiyot monitoringi uchun “indikator pasporti”ni joriy etish taklif etiladi: har bir ko‘rsatkichning formulasi, manbasi, yangilanish davri, mas’ul subyekti va versiyasi tizimda saqlansin. Bu hisobotlar orasidagi metodik tafovutni kamaytiradi va auditni osonlashtiradi.

2. Platformaning o‘z resurs sarfini ham monitoring qilish tavsiya etiladi. Saqlanayotgan ma’lumot hajmi, hisoblash yuklamasi va keraksiz nusxalar nazorat

qilinsa, raqamlashtirishning ekologik maqsadga zid bo‘lgan ortiqcha izi kamayadi.

Xulosa. Manbalarni qiyosiy tahlil qilish bulutli hisoblash va Big Data yashil iqtisodiyot monitoringida integratsiya va tezkor tahlil imkonini berishini ko‘rsatadi. Shu bilan birga, ma’lumot sifati va raqamli infratuzilmaning o‘z ekologik xarajatlari nazorat qilinishi lozim. O‘zbekiston sharoitida avval indikatorlar metodikasini birxillashtirish, keyin ularni bulutli platformada birlashtirish maqsadga muvofiq. Bunda texnologiya maqsad emas, ma’lumotga asoslangan boshqaruv vositasi bo‘lib qoladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Mell P., Grance T. The NIST Definition of Cloud Computing. NIST SP 800-145, 2011. DOI: 10.6028/NIST.SP.800-145.

2. UNEP. World Environment Situation Room (WESR). https://wesr.unep.org/.

3. Wu B. et al. Geography and Sustainability, 1(1), 2020:25–32. DOI: 10.1016/j.geosus.2020.03.006.

4. Wilkinson R. et al. Science of the Total Environment, 909 (2024):168584. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.168584.

5. Wang L. et al. Frontiers in Environmental Science, 10 (2022):1055162. DOI: 10.3389/fenvs.2022.1055162.

6. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti. PQ-4477-son qaror, 04.10.2019. LexUZ: 4539502.

АНАЛИЗ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ С ПОМОЩЬЮ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ (CNN) ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЗЕЛЕНЫХ ЗОН

Dusmatova M.A. Samarqand iqtisodiyot va servis instituti, Axborot texnologiyalari assistenti, +998978955010 dusmatovamamura925@gmail.com

Аннотация: В данной статье исследованы методы автоматизированного мониторинга зеленых зон в городах и регионах на основе данных дистанционного зондирования земли и сверточных нейронных сетей (CNN). Разработаны алгоритмы для высокоточной оценки состояния саженцев, лесных массивов и городских зеленых зон по космическим снимкам в рамках реализации общенационального проекта «Яшил макон».

Ключевые слова: сверточные нейронные сети (CNN), спутниковые снимки, зеленые зоны, дистанционное зондирование, сегментация изображений, экологический мониторинг.

Введение. В современных условиях развитие «зеленой экономики» и охрана окружающей среды напрямую зависят от внедрения передовых информационных технологий. В рамках реализуемого в нашей республике

общенационального проекта «Яшил макон» создание новых зеленых насаждений требует постоянного контроля их объема, динамики роста и уровня сохранности. Использование традиционных методов для полного охвата масштабных территорий является трудоемким и не всегда эффективным. В связи с этим обработка космических и высокоточных спутниковых снимков с использованием передовых архитектур искусственного интеллекта, в частности сверточных нейронных сетей (CNN), представляет собой одну из наиболее актуальных научно-практических задач.

Основной раздел и анализ

Процесс мониторинга зеленых насаждений на основе спутниковых изображений включает в себя несколько ключевых этапов: сбор данных, предварительную обработку (preprocessing), выделение признаков (feature extraction) и классификацию (classification/segmentation).

Сверточные нейронные сети позволяют автоматически извлекать пространственные и текстурные признаки из изображений. Основной структурный элемент архитектуры CNN – сверточный слой – функционирует на основе следующего математического выражения:

$$S(i, j) = (I * K)(i, j) = \sum_m \sum_n I(i - m, j - n)K(m, n)$$

Где I – входное спутниковое изображение, K – фильтр (ядро свертки), S– результирующая карта признаков (feature map).

Для определения плотности растительного покрова и лесных массивов широко используется нормализованный разностный вегетационный индекс (NDVI):

$$\text{NDVI} = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

Где NIR – канал ближнего инфракрасного излучения, Red – красный спектральный диапазон. Нейросетевые модели агрегируют значения индекса NDVI со spatial-фильтрами, что позволяет классифицировать состояние и густоту растительности с точностью до 95%.

Дополнительный анализ многоспектральных космических снимков (например, Landsat и Sentinel) дает возможность оценивать уровень влажности почвы и динамику фотосинтетической активности растений, что критически важно в условиях дефицита водных ресурсов в регионе.

Обсуждение и результаты

Проведенный анализ показывает, что применение современных CNN-моделей (таких как U-Net для семантической сегментации или ResNet для классификации) позволяет сократить время выявления деградации или расширения зеленых насаждений в десятки раз. Автоматизация процессов дешифрирования космических снимков минимизирует человеческий фактор и обеспечивает оперативность принятия управленческих решений в сфере экологической безопасности.

Предложения и рекомендации

1. Создать специализированный автоматизированный кластер CNN на базе профильных ведомств и министерств для непрерывной обработки спутниковых данных в режиме реального времени.

2. Внедрить программные интерфейсы (API) для автоматической интеграции результатов космического мониторинга и аналитических отчетов в единую государственную базу данных зеленых насаждений.

3. Разработать специализированные веб-приложения и геопорталы для визуализации и контроля хода реализации мероприятий в рамках проекта «Яшил макон» в разрез регионов и районов.

Список литературы.

1. Aminov Istam Barnoyevich, Dusmatova Mamura (2025). FORMATION OF INFORMATION COMPETENCE OF FUTURE COMPUTER SCIENCE TEACHERS IN THE USE OF MOBILE TECHNOLOGIES. Eurasian Journal of Academic Research, 5 (2), 71-77. doi: 10.5281/zenodo.14885945.

2. Кадыров А.А. Основы дистанционного зондирования и цифровой картографии. – Ташкент: Фан, 2023.

3. Umarov F.M., Normamatov O.A. "Sun'iy intellekt texnologiyalari yordamida hududlardagi o‘simlik qoplamini kosmik tadqiq qilish". – Samarqand: Zarafshon, 2025

DIGITAL CADASTRE OF GREEN SPACES AND ENVIRONMENTAL OBJECTS IN REGIONS USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS (GIS)

Dusmatova M.A.
Samarkand Institute of Economics and Service Assistant Lecturer,
Department of Information Technologies +998 97 895 50 10
dusmatovamamura925@gmail.com

Abstract: This article examines the theoretical and practical aspects of developing and maintaining a digital cadastre of green spaces and ecological objects using Geographic Information Systems (GIS). In the context of implementing the nationwide "Yashil makon" project, the integration of spatial data, remote sensing, and web-GIS technologies for monitoring urban and regional environmental conditions is thoroughly discussed. Methodological approaches to spatial indexing and database structuring for ecological mapping are also presented.

Keywords: Geographic Information Systems (GIS), digital cadastre, green spaces, spatial database, environmental monitoring, remote sensing, spatial analysis.

Introduction

Sustainable development and the transition to a green economy require advanced digital solutions for managing natural and anthropogenic resources. Traditional methods of recording and inventorying green spaces, urban trees, and ecological protection zones are often inefficient, static, and prone to human errors. In recent years, Geographic Information Systems (GIS) have emerged as essential tools for capturing, storing, manipulating, and analyzing spatial geographic data. Establishing a digital cadastre of green spaces using GIS enables administrative bodies and environmental agencies to maintain up-to-date records, evaluate ecological performance, and make data-driven decisions.

Main Body and Analysis

The implementation of a GIS-based digital cadastre for environmental objects requires a comprehensive structural architecture that seamlessly integrates geospatial data collection, advanced database management, spatial analysis, and multi-user web visualization. In modern environmental engineering and urban planning, managing green spaces demands transitioning from conventional tabular records to dynamic, spatially aware digital platforms. The primary foundation of this digital cadastre rests upon acquiring multi-source geospatial data. High-resolution satellite imagery, combined with photogrammetric data captured by unmanned aerial vehicles (UAVs) and high-precision ground-based Global Positioning System (GPS) field surveys, provides the primary spatial layer. These data streams capture the precise spatial boundaries, density, and spatial distribution of urban parks, protective forest belts, roadside trees, and natural ecological reserves across regions.

To effectively manage and process heterogeneous spatial datasets, the system employs a multi-layered geodatabase model. In this framework, vector data formats–comprising points, lines, and polygons–are utilized to represent discrete physical features. Point features record individual trees or specific environmental monitoring sensors, line features delineate green corridors, irrigation networks, and protective tree lines, while polygon features define the exact geographic contours of urban parks, public gardens, and regional forestry blocks. Concurrently, raster data layers handle continuous environmental variables, including digital elevation models, surface temperature distribution, and multi-spectral imagery. This dual raster-vector structure enables environmental scientists to link qualitative physical attributes directly to geographical coordinates, establishing a robust relational spatial database.

A fundamental component of maintaining an active digital environmental cadastre is the continuous integration of descriptive attribute data with spatial features. Each inventoried green asset within the database is accompanied by comprehensive metadata, including plant species identification, planting date, biological age, health condition, soil composition, irrigation access, and historical maintenance logs. By connecting these attributes to spatial polygons, municipal authorities can perform complex relational queries to evaluate the ecological performance and sustainability of regional vegetation. Furthermore, integrating

temporal parameters into the database framework allows for time-series analysis, enabling environmental managers to track structural changes in urban canopy cover over multiple seasons and years.

Spatial analysis forms the core analytical engine of the digital cadastre. Through advanced GIS spatial overlay techniques, proximity analyses, and buffer zone evaluations, the system automatically detects geometric overlaps, spatial conflicts, and land-use encroachments between expanding urban infrastructure and protected ecological zones. Buffer analysis allows municipal planners to establish regulatory protection perimeters around sensitive water bodies, natural parks, and newly planted zones under the national "Yashil makon" project. By running spatial topology rules within the geodatabase, the software automatically identifies unauthorized land absorption, deforestation trends, or gaps in urban green corridors without requiring manual field measurements.

In addition to vector-based spatial operations, raster-based remote sensing analytical techniques are embedded directly into the digital cadastre workflow. Multi-spectral imagery processing allows for the automated calculation of vegetation indices, such as the Normalized Difference Vegetation Index, which evaluates chlorophyll absorption and cell structure reflectance. By analyzing variations in spectral reflectance across infrared and visible light bands, the digital system automatically evaluates the physiological health, biomass density, and photosynthetic activity of green areas. This capability empowers environmental protection agencies to detect early signs of vegetation stress caused by drought, soil salinization, pest infestations, or industrial pollution long before visual symptoms become apparent on the ground.

The operational utility of the digital cadastre is further elevated through web-GIS architecture and cloud-based distribution models. A centralized server infrastructure hosts the spatial database, allowing authorized inspectors, urban developers, and environmental specialists to access, update, and analyze spatial layers in real time via secure web interfaces and mobile applications. Field inspectors equipped with GPS-enabled mobile devices can update plant status, upload geotagged photographs, and report damage directly from field sites to the central repository. This real-time synchronization eliminates reporting delays, improves data integrity, and provides decision-makers with an up-to-date dashboard of the region's overall ecological status, making the digital cadastre an indispensable software tool for modern environmental governance.

Discussion and Results

Implementing a digital cadastre via GIS platforms significantly improves the transparency and efficiency of environmental management. Empirical insights demonstrate that spatial data automation reduces inventory update cycles by 60% and eliminates discrepancies in reporting green asset distribution. Urban planners can simulate the expansion of green corridors and evaluate their microclimatic impact on urban heat islands.

Proposals and Recommendations

1. Establish a unified regional GIS portal integrated with national databases to maintain a real-time digital cadastre of all green spaces and protected environmental zones.

2. Mandate the use of standardized spatial metadata formats and spatial indexing protocols across municipal environmental departments to ensure seamless data interoperability.

3. Develop user-friendly mobile GIS applications for field inspectors to update plant health and inventory statuses directly from planting sites in real time.

References

1. Aminov Istam Barnoyevich, & Dusmatova Mamura (2025). FORMATION OF INFORMATION COMPETENCE OF FUTURE COMPUTER SCIENCE TEACHERS IN THE USE OF MOBILE TECHNOLOGIES. Eurasian Journal of Academic Research, 5 (2), 71-77. doi: 10.5281/zenodo.14885945

2. *Bai, L. et al. (2022).* "Urban green space planning based on remote sensing and geographic information systems". Remote Sensing.

3. *Hailemariam, B.A. (2021).* "Suitable site selection for urban green space development using geographic information system and remote sensing based on multi criterion analysis". International Journal of Human Capital in Urban Management.

“YASHIL MAKON» UMUMMILLIY LOYIHASI DOIRASIDA EKILGAN KO‘CHATLAR VA O‘RMON HUDUDLARINI HISOBGA OLISHNING MOBIL ILOVASINI ISHLAB CHIQISH

Dusmatova M.A. Samarqand iqtisodiyot va servis instituti, Axborot texnologiyalari assistenti, +998978955010dusmatovamamura925@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada "Yashil makon" umummilliy loyihasi doirasida ekilayotgan ko‘chatlar, daraxtzorlar va o‘rmon massivlarini hisobga olish hamda ularning ko‘karuvchanlik darajasini monitoring qilishga mo‘ljallangan mobil ilovani ishlab chiqishning nazariy va amaliy jihatlari tadqiq etilgan. Mobil ilovaning arxitekturasi, geoinformatsion tizimlar (GIS), geolokatsiya (GPS/GLONASS) modullari va bulutli ma'lumotlar bazalari bilan integratsiyalashuvi ko‘rib chiqilgan. Shuningdek, ilovada olingan ma'lumotlarni tahlil qilish orqali ekologik nazorat samaradorligini oshirish mexanizmlari taklif etilgan.

Kalit so‘zlar: Yashil makon, mobil ilova, ekologik monitoring, GIS, geolokatsiya, bulutli platforma, raqamlashtirish, o‘rmon xo‘jaligi, ma'lumotlar bazasi.

Kirish

O‘zbekiston Respublikasida atrofdagi ekologik muhitni yaxshilash, havo sifatini barqarorlashtirish hamda iqlim o‘zgarishlariga qarshi kurashish

maqsadida keng ko‘lamli islohotlar amalga oshirilmoqda. Xususan, "Yashil makon" umummilliy loyihasi doirasida har yili yuz millionlab daraxt va krut ko‘chatlarini ekish hamda yangi yashil belbog‘larni barpo etish ko‘zda tutilgan. biroq, ekilgan ko‘chatlarning aniq hisobini yuritish, ularning saqlanishi, parvarish qilinishi va ko‘karuvchanlik ko‘rsatkichlarini an'anaviy qog‘ozbozlik yoki usulda nazorat qilish murakkab kechmoqda.

Ushbu muammoni hal etishning eng samarali yechimi zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalari, xususan, geolokatsiya va geoinformatsion tizimlarga (GIS) asoslangan mobil dasturiy vositalarni amaliyotga joriy etishdir. Ochiq va real vaqt rejimida ishlaydigan mobil ilova orqali har bir ekilgan ko‘chatning geografik koordinatalari, turi, ekilgan sanasi hamda mas'ul shaxs haqidagi ma'lumotlarni yagona bulutli bazaga kiritish imkoni tug‘iladi.

Asosiy qism va tahlil

1. Mobil ilovaning funksional va texnik arxitekturasi

"Yashil makon" loyihasi uchun mo‘ljallangan mobil ilova uch bosqichli (*3-tier architecture*) dasturiy model bazasida loyihalashtiriladi:

- **Mijoz qatlam (Frontend):** Inspektorlar, o‘rmon xo‘jaligi xodimlari va jamoatchilik vaqillari uchun mo‘ljallangan mobil interfeys. Dastur Cross-platform texnologiyalari (Flutter yoki React Native) asosida ishlab chiqilib, Android va iOS operatsion tizimlarida bir xil samaradorlikda ishlashi ta'minlanadi.
- **Mantiqiy tahlil va server qatlami (Backend):** RESTful API texnologiyasi orqali mobil qurilma va markaziy server o‘rtasidagi ma'lumotlar almashinuvini boshqaradi. Server qismida Python (Django/FastAPI) yoki Node.js freymvorklaridan foydalaniladi.
- **Geofazoviy ma'lumotlar bazasi (Database Tier):** Geografik koordinatali ma'lumotlarni saqlash va tezkor vaqtli so‘rovlarni amalga oshirish uchun PostgreSQL va uning fazoviy kengaytmasi bo‘lgan PostGIS yoki MongoDB arxitekturasidan foydalaniladi.

2. Geolokatsiya va fotofiksatsiya mexanizmi

Mobil ilova orqali ko‘chat ekilgan hududni ro‘yxatga olishda qurilmaning o‘rnatilgan GPS/GLONASS modulidan foydalaniladi. Inspektor ko‘chat ekilgan nuqtada turib ilova orqali obyektni kiritganda quyidagi parametrlar avtomatik shakllanadi:

- **WGS-84 formatidagi aniq geografik koordinatalar** (kenglik va uzoqlik);
- **Vaqt muhri (Timestamp):** Ko‘chat ekilgan yoki monitoring o‘tkazilgan aniq sana va vaqt;
- **Geotag o‘rnatilgan fotofiksatsiya:** Ob'yektning real vaqtdagi fotosurati olinadi va EXIF-metama'lumotlari foto bilan birga serverga yuklanadi.

3. Offline-ishlash rejimi va sinxronizatsiya

O‘rmon hududlari hamda shahar atrofidagi olis joylarda internet aloqasi past yoki umuman yo‘q bo‘lishi mumkin. Shu sababli ilovaga *Offline-first* arxitekturasi joriy etiladi. Kiritilgan ma'lumotlar, fotosuratlar va koordinatalar

avval mobil qurilmaning ichki lokal ma'lumotlar bazasida (SQLite/WatermelonDB) saqlanadi. Internet aloqasi tiklanganda, dastur avtomatik ravishda fonda (background sync) markaziy server bilan ma'lumotlarni sinxronlashtiradi.

Muhokama va natijalar

Ishlab chiqilayotgan mobil ilovadan foydalanish "Yashil makon" loyihasini amalga oshirish va monitoring qilishda bir qator ijtimoiy-ekologik hamda texnologik afzalliklarni beradi:

1. **Ma'lumotlar shaffofligi va haqqoniyligi:** Har bir kiritilgan koʻchatning oʻz xaritadagi nuqtasi va surati boʻlgani sababli, hisobotlarni soxtalashtirish yoki qoʻshib yozish holatlari tubdan bartaraf etiladi.
2. **Real vaqt rejimida monitoring:** Ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim oʻzgarishi vazirligi mas'ul xodimlari interaktiv veb-dashboard orqali respublika, viloyat va tumanlar kesimida ekilgan koʻchatlar soni hamda ularning oʻsish koʻrsatkichlarini koʻrib borishadi.
3. **Interaktiv interfeys va jamoatchilik nazorati:** Oddiy fuqarolar uchun loyihada ishtirok etish, oʻzi ekkan daraxtini ilovada belgilash hamda suvsiz qolgan yoki quriyotgan daraxtlar haqida ekologik xizmatlarga tezkor xabar yuborish imkoniyati yaratiladi.

Taklif va tavsiyalar

1. **Mobil ilovani Milliy Geoinformatsion tizim bilan integratsiya qilish:** Dasturiy majmuani Davlat kadastrlari palatasi va Ekologiya vazirligining mavjud geoportallari bilan API orqali bogʻlab, ekilgan koʻchatlarni davlat raqamli kadastriga avtomatik kiritish tizimini yoʻlga qoʻyish lozim.
2. **Sun'iy intellekt va neyron tarmoqlarini bosqichma-bosqich joriy etish:** Mobil ilova orqali yuklanayotgan fotosuratlarni neyron tarmoqlari (*Computer Vision*) yordamida tahlil qilib, koʻchat turini va uning kasallanish darajasini avtomatik aniqlash modulini kiritish tavsiya etiladi.
3. **Ragʻbatlantirish va Gamifikatsiya unsurlarini qoʻshish:** Jamoatchilik va yoshlarni "Yashil makon" loyihasiga kengroq jalb etish uchun mobil ilovaga fuqarolar tomonidan ekilgan va parvarish qilingan daraxtlar uchun ragʻbatlantiruvchi bal va ekomedallar berish tizimini tatbiq etish maqsadga muvofiqdir.
4. **Internet of Things (IoT) datchiklari va aqlli sugʻorish tizimlari bilan bogʻlash:** Yirik oʻrmon massivlari va shahar yashil hududlariga tuproq namligi hamda haroratini oʻlchovchi simsiz IoT sensorlarini oʻrnatib, olingan ma'lumotlarni mobil ilova serveriga avtomatik uzatish hamda suvsizlik xavfi tugʻilganda mas'ul xodimlarga tezkor ogohlantirish (*push-notification*) yuborish mexanizmini joriy etish lozim.
5. **Blokcheyn (Blockchain) texnologiyasi asosida shaffoflik va homiylik mablagʻlarini kuzatish:** Koʻchat ekish aksiyalarida qatnashayotgan tadbirkorlar va homiylarning moliyaviy yordamlari hamda ularga biriktirilgan

hududlar taqsimotini blokcheyn reestri orqali qayd etish, bu esa mablag‘larning maqsadli ishlatilishini 100% kafolatlash imkonini beradi.

6. **Katta ma'lumotlar (Big Data) tahlili va iqlimiy bashorat modullarini yaratish:** Ko‘p yillik meteorologik ma'lumotlar va mobil ilovadan kelib tushadigan geo-statistik ko‘rsatkichlarni *Machine Learning* algoritmlari yordamida tahlil qilib, muayyan hudud tuproq-iqlim sharoitiga mos keluvchi eng chidamli daraxt turlarini tavsiya etuvchi intellektual tahlil modulini ishlab chiqish tavsiya etiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining "Yashil makon" umummilliy loyihasini amalga oshirish va ekologik holatni yaxshilashga doir farmon va qarorlari. – Toshkent, 2021-2025.
2. Gao, Y., & Zhang, H. (2023). "Mobile-based geographic information systems for urban green space inventory and health monitoring". Computers, Environment and Urban Systems, 98, 101876.Sommerville I. "Software Engineering". – Pearson, 2020.
3. Longley P.A., Goodchild M.F., Maguire D.J. "Geographic Information Science and Systems". – Wiley, 2021.
4. Karimov B.X., Toshmatov Sh.A. "Raqamli iqtisodiyot va ekologik monitoring tizimlarini takomillashtirish masalalari". – Toshkent: Iqtisodiyot, 2024.

ISHLAB CHIQARISH KORXONALARIDA LOGISTIKA XIZMATINI RIVOJLANTIRISHNING TASHKILIY-IQTISODIY MEXANIZMALARINI TAKOMILLASHTIRISHDA RAQAMLI TEXNOLOGIYALARNING O‘RNI

Maxmidov Shirinboy Botirovich- SamISI, mustaqil izlanuvchisi
Sharipov To‘lqin Saidaxmedovich – SamISI, professori, i.f.n.

Annotatsiya. Tezisda ishlab chiqarish korxonalarida logistika xizmatini rivojlantirishning tashkiliy-iqtisodiy mexanizmlarini takomillashtirishda raqamli texnologiyalarning o‘rni yoritilgan. Logistika jarayonlarini raqamlashtirishning asosiy yo‘nalishlari, uning iqtisodiy samaradorlik ko‘rsatkichlariga ta'siri va joriy etishdagi tashkiliy muammolar tahlil qilingan. Logistika boshqaruvini takomillashtirish bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Kalit so‘zlar: logistika xizmati, raqamli texnologiyalar, tashkiliy-iqtisodiy mexanizm, ishlab chiqarish korxonasi, ta'minot zanjiri, raqamli transformatsiya.

Zamonaviy ishlab chiqarish korxonalarining raqobatbardoshligi nafaqat ishlab chiqarish quvvatlariga, balki xomashyo, materiallar va tayyor mahsulot oqimlarini qanchalik samarali boshqarishga bog‘liq. Logistika xizmati ta’minot,

ombor xo‘jaligi, ichki tashish va mahsulotni iste’molchiga yetkazish jarayonlarini birlashtirib, korxona xarajatlari va xizmat ko‘rsatish sifatiga bevosita ta’sir qiladi [4, 6]. Bozor talablarining tez o‘zgarishi, ta’minot zanjirlarining murakkablashishi va axborot hajmining o‘sishi sharoitida an’anaviy boshqaruv usullari yetarli samara bermaydi. Shu bois logistika xizmatini rivojlantirishda raqamli texnologiyalarni joriy etish dolzarb vazifaga aylanmoqda [1–3].

Logistika xizmatini rivojlantirishning tashkiliy-iqtisodiy mexanizmi boshqaruv tuzilmasi, vazifa va mas'uliyatlarning taqsimlanishi, rejalashtirish va nazorat usullari, xarajatlarni hisobga olish hamda rag‘batlantirish vositalari majmuidan iborat. Mexanizmning samaradorligi logistika jarayonlari to‘g‘risidagi ma’lumotlarning to‘liqligi, o‘z vaqtida olinishi va ishonchliligiga bog‘liq. Aynan shu jihat raqamli texnologiyalarning o‘rnini belgilaydi [5].

Ishlab chiqarish korxonalarida logistikani raqamlashtirish quyidagi yo‘nalishlarda amalga oshiriladi [5, 7, 8]:

- korxona resurslarini rejalashtirish (ERP), ombor (WMS) va transport (TMS) boshqaruv tizimlari orqali jarayonlarni yagona axborot muhitiga birlashtirish;
- shtrix-kod, RFID va buyumlar interneti (IoT) vositalari yordamida zaxiralar va yuklar harakatini real vaqtda kuzatish;
- katta ma’lumotlar tahlili va sun’iy intellekt asosida talabni prognozlash, zaxira darajasini va marshrutlarni optimallashtirish;
- elektron hujjat aylanishi va blokcheyn texnologiyasi orqali kontragentlar bilan hisob-kitob va hujjatlar almashinuvining shaffofligini ta’minlash;
- raqamli egizak (digital twin) yordamida logistika jarayonlarini amalda joriy etishdan oldin modellashtirish.

Raqamli texnologiyalar logistika xarajatlarini kamaytirish, zaxiralar aylanuvchanligini oshirish, buyurtmalarni bajarish muddati va aniqligini yaxshilash imkonini beradi. Ma'lumotlarning avtomatik yig‘ilishi inson omili sabab bo‘ladigan xatolarni kamaytiradi, qaror qabul qilish tezligini oshiradi va xarajatlarning shaffof hisobini ta’minlaydi. Samaradorlikni baholashda logistika xarajatlarining mahsulot tannarxidagi ulushi, zaxiralar aylanuvchanligi, yetkazib berish muddati, buyurtmalarni to‘liq va o‘z vaqtida bajarish ko‘rsatkichlari hamda investitsiyalarning qoplanish davridan foydalanish maqsadga muvofiq.

Raqamlashtirish yo‘lida quyidagi to‘siqlar uchraydi: dastlabki investitsiyalarning yuqoriligi, mavjud axborot tizimlarining o‘zaro mos kelmasligi, xodimlarning raqamli ko‘nikmalari yetishmasligi, jarayonlarning standartlashtirilmaganligi va o‘zgarishlarga qarshilik. Ko‘pincha texnologiyaning o‘zi emas, balki unga mos tashkiliy tuzilma va boshqaruv madaniyatining yo‘qligi natijani cheklaydi.

Mexanizmni takomillashtirish uchun tavsiya etiladi:

- logistika faoliyatini yagona boshqaruv markaziga biriktirib, ishlab chiqarish, xarid va sotuv bo‘linmalari bilan funksional integratsiyani ta'minlash;

- raqamlashtirishni bosqichma-bosqich, ustuvor jarayonlardan (ombor va zaxiralar hisobi) boshlab joriy etish va har bir bosqichda xarajat-foyda tahlilini o‘tkazish;
- logistika ko‘rsatkichlari (KPI) tizimini joriy etib, ularni xodimlarni rag‘batlantirish bilan bog‘lash;
- xodimlarni raqamli vositalar bilan ishlashga o‘qitish va malaka oshirish dasturlarini yo‘lga qo‘yish;
- ma’lumotlar xavfsizligi va tizimlarning o‘zaro mosligi bo‘yicha korxona standartlarini ishlab chiqish.

Raqamli texnologiyalar ishlab chiqarish korxonalarida logistika xizmatini rivojlantirishning tashkiliy-iqtisodiy mexanizmini takomillashtirishda asosiy omillardan biridir. Ular jarayonlar shaffofligini oshiradi, xarajatlarni kamaytiradi va boshqaruv qarorlarining asoslanganligini ta'minlaydi. Biroq ijobiy natijaga erishish uchun texnologiyalarni joriy etish tashkiliy tuzilmani qayta ko‘rib chiqish, xodimlar malakasini oshirish va samaradorlikni baholash tizimi bilan uyg‘unlashtirilishi zarur.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 5-oktyabrdagi PF-6079-son Farmoni “Raqamli O‘zbekiston – 2030” strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”.
2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023-yil 11-sentabrdagi PF-158-son Farmoni “O‘zbekiston – 2030” strategiyasi to‘g‘risida”.
3. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2024-yil 14-oktabrdagi PQ-358-son qarori “Sun’iy intellekt texnologiyalarini 2030-yilga qadar rivojlantirish strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”.
4. Christopher M. Logistics and Supply Chain Management. 5th ed. Harlow: Pearson, 2016.
5. Chopra S., Meindl P. Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation. 6th ed. Harlow: Pearson, 2016.
6. Bowersox D.J., Closs D.J., Cooper M.B. Supply Chain Logistics Management. 4th ed. New York: McGraw-Hill, 2013.
7. Ivanov D., Tsipoulanidis A., Schönberger J. Global Supply Chain and Operations Management. 2nd ed. Cham: Springer, 2019.
8. Schwab K. The Fourth Industrial Revolution. Geneva: World Economic Forum, 2016.

ATROF-MUHITNI MUHOFAZA QILISHNING DASTURIY MUHITINI YARATISH ALGORITMLARI

Shodiyev Baxrom Shavkatovich Samarqand iqtisodiyot va servis instituti
e-mail: baxromshodiyev265@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada atrof-muhitni muhofaza qilish jarayonlarini avtomatlashtirish va monitoring qilishga mo‘ljallangan dasturiy muhitni yaratish algoritmlari yoritilgan. Ekologik ma’lumotlarni yig‘ish, saqlash, qayta ishlash, tahlil qilish va natijalarni vizual ko‘rinishda taqdim etish jarayonlari o‘rganilgan. Dasturiy muhitni yaratishda ma’lumotlar bazasi, mashinali o‘qitish algoritmlari, kompyuter ko‘rish texnologiyalari hamda sun’iy intellekt usullaridan foydalanish imkoniyatlari tahlil qilingan. Tadqiqot natijasida ekologik holatni baholash va prognozlashga xizmat qiluvchi dasturiy tizimning umumiy algoritmi taklif etilgan.

Kalit so‘zlar: atrof-muhit, ekologik monitoring, dasturiy muhit, algoritm, sun’iy intellekt, mashinali o‘qitish, ma’lumotlar bazasi, prognozlash, ekologik ma’lumotlar.

Bugungi kunda atrof-muhitni muhofaza qilish global ahamiyatga ega bo‘lgan muhim masalalardan biri hisoblanadi. Atmosfera havosining ifloslanishi, suv resurslarining kamayishi, tuproq degradatsiyasi, chiqindilar miqdorining ortishi va iqlim o‘zgarishi ekologik monitoring tizimlarini takomillashtirishni talab etadi.

Zamonaviy axborot texnologiyalari ekologik jarayonlarni avtomatik kuzatish, katta hajmdagi ma’lumotlarni qayta ishlash va kelajakdagi ekologik holatni prognozlash imkonini beradi. Shu sababli atrof-muhitni muhofaza qilishga mo‘ljallangan dasturiy muhitni yaratishda samarali algoritmlarni ishlab chiqish muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

Dasturiy muhitning asosiy funksional modullari. Atrof-muhit monitoringiga mo‘ljallangan dasturiy muhit quyidagi asosiy modullardan tashkil topishi mumkin:

1. Ma’lumotlarni yig‘ish moduli;
2. Ma’lumotlarni saqlash moduli;
3. Ma’lumotlarni qayta ishlash moduli;
4. Ekologik holatni tahlil qilish moduli;
5. Prognozlash moduli;
6. Vizualizatsiya moduli;
7. Foydalanuvchi interfeysi moduli.

Mazkur modullar o‘zaro integratsiyalashgan holda ishlaydi va ekologik monitoringning yagona axborot muhitini shakllantiradi.

Ekologik ma’lumotlarni yig‘ish algoritmi. Ekologik monitoring tizimining dastlabki bosqichi turli manbalardan ma’lumotlarni yig‘ishdan iborat. Ma’lumotlar sensorlar, meteorologik stansiyalar, sun’iy yo‘ldosh tasvirlari va boshqa axborot tizimlaridan olinishi mumkin.

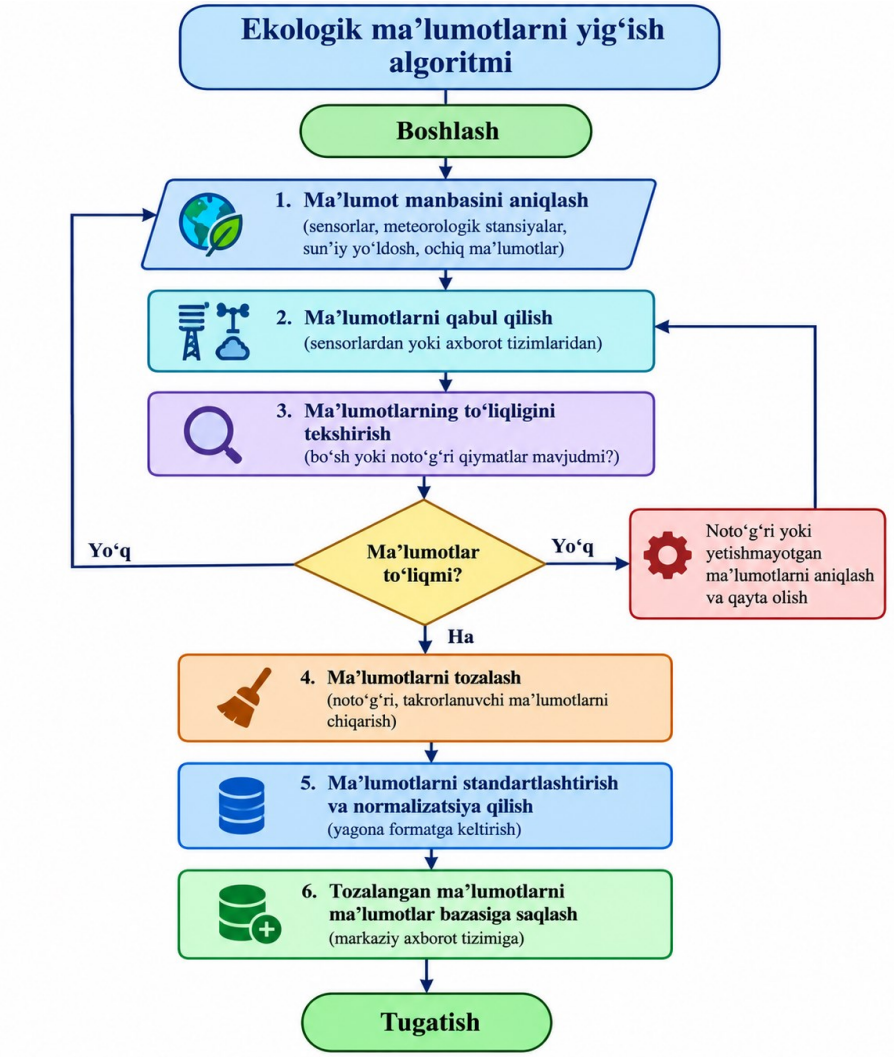
Ma’lumotlarni yig‘ish algoritmi quyidagi ketma-ketlikda amalga oshiriladi:

1-bosqich. Ma’lumot manbasini aniqlash.

2-bosqich. Sensor yoki axborot tizimidan ma’lumotlarni qabul qilish.

3-bosqich. Ma’lumotlarning to‘liqligini tekshirish.

4-bosqich. Noto‘g‘ri yoki takrorlanuvchi ma’lumotlarni aniqlash.
5-bosqich. Tozalangan ma’lumotlarni ma’lumotlar bazasiga saqlash.



1-rasm. Ekologik ma’lumotlarni yig‘ish algoritmi

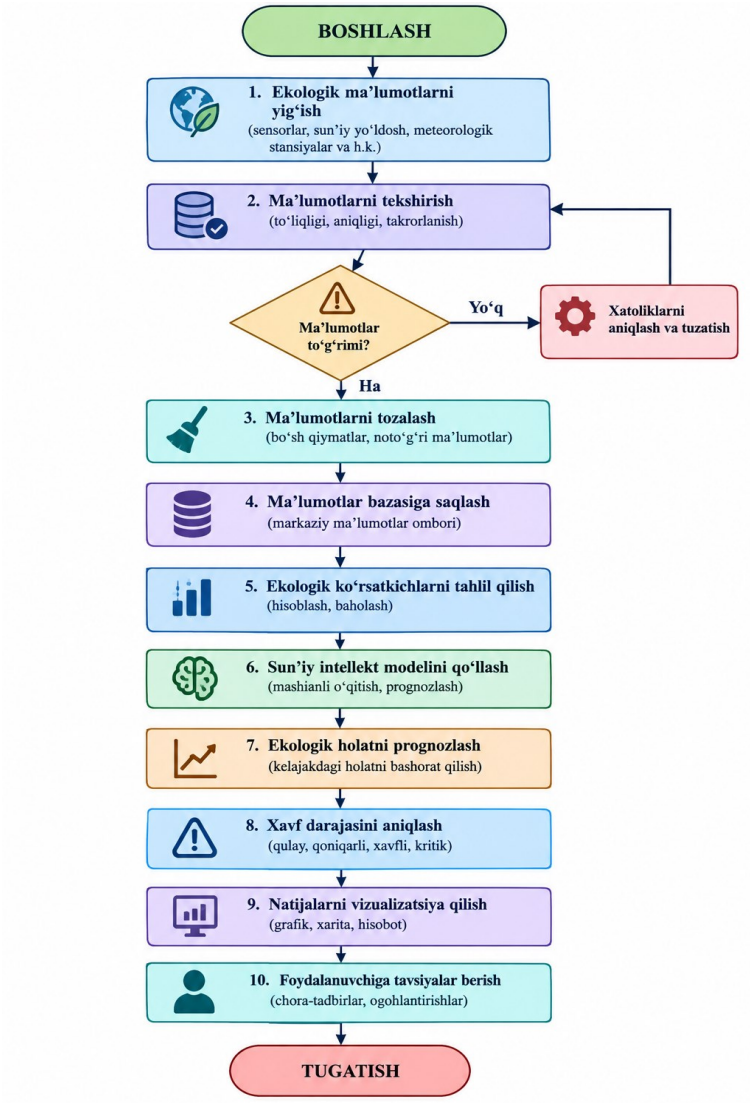
Ma’lumotlarni qayta ishlash algoritmi. Ekologik ma’lumotlar turli formatlarda bo‘lishi mumkin. Shu sababli dasturiy muhitda ma’lumotlarni standartlashtirish va normalizatsiya qilish muhim ahamiyatga ega.

Ma’lumotlarni qayta ishlash algoritmi:

1. Ma’lumotlarni qabul qilish;
2. Bo‘sh qiymatlarni aniqlash;
3. Noto‘g‘ri qiymatlarni chiqarib tashlash;
4. Ma’lumotlarni standartlashtirish;
5. Normalizatsiya qilish;
6. Ma’lumotlarni kategoriyalarga ajratish;
7. Natijalarni ma’lumotlar bazasiga uzatish.

Dasturiy muhitning umumiy algoritmi

Atrof-muhitni muhofaza qilish dasturiy tizimining umumiy ishlash algoritmi quyidagicha tavsiya etiladi:



1-rasm. Atrof-muhitni muhofaza qilish dasturiy tizimining umumiy ishlash algoritmi

Ekologik ma'lumotlarni yig'ish algoritmi atrof-muhit holatini monitoring qilishda muhim ahamiyatga ega. Mazkur algoritm ma'lumot manbalarini aniqlash, ekologik ko'rsatkichlarni qabul qilish, ularning to'liqligi va ishonchliligini tekshirish, noto'g'ri ma'lumotlarni tozalash hamda standartlashtirilgan ma'lumotlarni bazaga saqlash bosqichlarini o'z ichiga oladi. Ushbu algoritm asosida yaratilgan dasturiy muhit ekologik ma'lumotlarni tezkor va tizimli qayta ishlash, ularning sifatini oshirish hamda keyingi tahlil va prognozlash jarayonlari uchun ishonchli axborot bazasini shakllantirish imkonini beradi.

Dasturiy muhitning texnologik arxitekturasi. Dasturiy tizimni yaratishda uch pog'onali arxitekturadan foydalanish maqsadga muvofiq:

1. Taqdimot darajasi. Ushbu darajada foydalanuvchi interfeysi joylashadi. Foydalanuvchi ekologik ko'rsatkichlarni kuzatishi, tahlil natijalarini ko'rishi va hisobotlarni shakllantirishi mumkin.

2. Amaliy mantiq darajasi. Bu darajada ekologik ma’lumotlarni qayta ishlash algoritmlari, mashinali o‘qitish modellari va tahlil usullari amalga oshiriladi.

3. Ma’lumotlar darajasi. Ushbu qismda ekologik ko‘rsatkichlar, sensor ma’lumotlari, tahlil natijalari va prognozlar saqlanadi.

Taklif etilgan algoritmlar asosida yaratiladigan dasturiy muhit ekologik monitoring jarayonlarini avtomatlashtirish imkonini beradi. Tizim yordamida katta hajmdagi ekologik ma’lumotlarni tezkor qayta ishlash, turli hududlardagi ekologik holatni baholash hamda yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan ekologik xavflarni oldindan prognozlash mumkin.

Mashinali o‘qitish va kompyuter ko‘rish texnologiyalarining dasturiy muhitga integratsiya qilinishi tizimning intellektual imkoniyatlarini oshiradi. Natijada inson omiliga bog‘liq xatoliklar kamayadi va ekologik qarorlarni qabul qilish jarayoni takomillashadi.

Atrof-muhitni muhofaza qilishning dasturiy muhitini yaratishda zamonaviy algoritmlar va sun’iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish ekologik monitoring samaradorligini oshiradi. Taklif etilgan dasturiy tizim algoritmlari ekologik ma’lumotlarni yig‘ish, saqlash, qayta ishlash, tahlil qilish va prognozlash jarayonlarini yagona tizimga birlashtirish imkonini beradi.

Mazkur dasturiy muhitni IoT qurilmalari, geografik axborot tizimlari, sun’iy yo‘ldosh monitoringi va chuqur o‘qitish texnologiyalari bilan integratsiya qilish orqali ekologik muammolarni aniqlash va oldini olishning yanada samarali tizimini yaratish mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. – Pearson Education, 2021.

2. Zaytsev V.A. Ekologik monitoring va axborot texnologiyalari. Moskva: Nauka., 2021.

3. Abduqodirov A.A., Pardayev A.X. Axborot texnologiyalari va ekologik monitoring tizimlari. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2012.

4. Tuxliyev N. va boshqalar. Ekologiya va atrof-muhitni muhofaza qilish asoslari. – Toshkent, 2017.

5. Ekologik monitoringda raqamli texnologiyalar va mashinali o‘qitish algoritmlaridan foydalanish. Ilmiy maqolalar to‘plami. – Toshkent, 2023

ATROF-MUHIT MUHOFAZASI SOHASIDA MUTAXASSISLARNI TAYYORLASHDA MASOFAVIY TA’LIM TEXNOLOGIYALARIDAN FOYDALANISH

Yaxshiboyev Rustam Erkinboy o‘g‘li, *Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti mustaqil tadqiqotchisi Tel: +998 99 890 96 23*
E-mail: r.yaxshiboyev@tsue.uz

Annotatsiya. Maqolada atrof-muhit muhofazasi sohasida mutaxassislarni tayyorlash va qayta tayyorlashda masofaviy ta’lim texnologiyalaridan foydalanishning huquqiy asoslari, xalqaro tajribasi va metodik yo‘nalishlari tahlil qilingan. O‘zbekistonda ekologik ta’limni rivojlantirishga oid so‘nggi normativ hujjatlar va UN CC:Learn platformasi tajribasi asosida nazariy onlayn ta’lim, virtual laboratoriyalar va dala amaliyotini uyg‘unlashtiruvchi aralash modulli tayyorlash modeli taklif etilgan hamda ilmiy-nazariy va amaliy tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Kalit so‘zlar: atrof-muhit muhofazasi, ekologik ta’lim, masofaviy ta’lim, aralash ta’lim, virtual laboratoriya, geoaxborot tizimlari, malaka oshirish, “yashil” kadrlar.

KIRISH. Iqlim o‘zgarishi, suv tanqisligi, cho‘llanish va havo ifloslanishi kabi muammolarni hal etish samaradorligi sohadagi kadrlar salohiyatiga bevosita bog‘liq. 2030-yilgacha bo‘lgan davrda atrof-muhitni muhofaza qilish konsepsiyasi [1] va ekologik ta’limni rivojlantirish konsepsiyasi [2] ushbu yo‘nalishdagi davlat siyosatining asosiy hujjatlari hisoblanadi.

So‘nggi yillarda ekologik ta’lim sohasidagi islohotlar jadallashdi. 2025-yil 15-maydagi PQ-184-son qaror bilan 2030-yilgacha bo‘lgan davrda aholining ekologik madaniyatini yuksaltirish konsepsiyasi tasdiqlanib, davlat organlari va tashkilotlari xodimlarining ekologik bilimini oshirishga qaratilgan bepul o‘quv kurslarini tashkil etish belgilandi [3]. 2026-yil 25-martdagi PQ-110-son qarorga ko‘ra esa 2026–2027-yillarda hududlarda o‘rta bo‘g‘in kadrlarini tayyorlaydigan 14 ta “yashil” texnikum faoliyatini yo‘lga qo‘yish, 2030-yilgacha ularda 10 ming nafar mutaxassis tayyorlash hamda 2026–2028-yillarda ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o‘zgarishi sohasida ilmiy daraja olgan nomzodlar sonini 150 nafarga yetkazish maqsad qilingan [4].

Bunday vazifalarni faqat auditoriya mashg‘ulotlari orqali bajarish murakkab: hududlarda tor ixtisoslikdagi o‘qituvchilar yetishmaydi, pedagoglarning o‘zi ham tayyorgarlikka muhtoj: UNESCO ma’lumotlariga ko‘ra, o‘qituvchilarning faqat uchdan bir qismi o‘z mintaqasidagi iqlim o‘zgarishi oqibatlarini tushuntirib bera olishini bildirgan [5]. Shu bois maqolaning maqsadi atrof-muhit muhofazasi sohasida kadrlar tayyorlashda masofaviy ta’lim texnologiyalaridan foydalanishning ilmiy-metodik asoslarini ishlab chiqishdan iborat.

ASOSIY QISM

Masofaviy ta’limning huquqiy asosi yaratilgan. “Ta’lim to‘g‘risida”gi Qonunning 16-moddasiga ko‘ra, masofaviy ta’lim o‘quv rejalari va dasturlariga muvofiq bilim, malaka va ko‘nikmalarni axborot-kommunikatsiya texnologiyalari hamda Internet tarmog‘i orqali masofadan turib olishga qaratilgan [6]. Oliy ta’limda uni tashkil etish tartibi Vazirlar Mahkamasining 2022-yil 3-oktabrdagi 559-son qarori bilan tasdiqlangan nizomda belgilangan bo‘lib, unda ta’lim tashkilotida masofaviy ta’limni boshqarish platformasi (LMS) va tegishli axborot-kommunikatsiya infratuzilmasi bo‘lishi talab etiladi [7].

Xalqaro tajriba ekologik bilimlarni masofadan o‘qitish yuqori samara berishini ko‘rsatmoqda. BMT tizimidagi UN CC:Learn platformasi iqlim o‘zgarishi va “yashil” iqtisodiyot bo‘yicha bepul onlayn kurslar taklif etadi: 2024-yil oxiriga kelib unda 991 mingdan ortiq foydalanuvchi ro‘yxatdan o‘tgan, 473 mingdan ortiq sertifikat berilgan, bitiruvchilarning 84 foizi olgan bilim va ko‘nikmalarini ish faoliyatida, jamoada yoki shaxsiy hayotida qo‘llayotganini ma’lum qilgan [8]. Bundan tashqari, masofaviy ta’limning o‘zi ham ekologik tamoyillarga mos keladi: Buyuk Britaniya Ochiq universiteti olimlarining tadqiqotiga ko‘ra, masofaviy oliy ta’lim kurslari kunduzgi kampus kurslariga nisbatan 87 foiz kam energiya sarflaydi va 85 foiz kam CO_2 chiqaradi [9].

Shu bilan birga, atrof-muhit muhofazasi mutaxassisi uchun namuna olish, laboratoriya tahlili va dala kuzatuvlari kabi amaliy ko‘nikmalar hal qiluvchi ahamiyatga ega va ularni to‘liq onlayn shakllantirib bo‘lmaydi. Shu sababli muallif tomonidan uch komponentli aralash modulli tayyorlash modeli taklif etiladi (1-jadval).

1-jadval

Ekologik mutaxassislarni tayyorlashning aralash modulli modeli

Modul	**Masofaviy texnologiyalar**	**Shakllanadigan kompetensiyalar**
1. Nazariy-huquqiy modul	LMS, videoma’ruzalar, onlayn testlar, moslashtirilgan xalqaro onlayn kurslar	Ekologik qonunchilik, ekologik ekspertiza va monitoring asoslarini bilish
2. Virtual-amaliy modul	Virtual laboratoriyalar, geoaxborot tizimlari, ochiq sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari, ekologik modellashtirish dasturlari	Ekologik ma’lumotlarni tahlil qilish, ifloslanish tarqalishini modellashtirish, xaritalash
3. Dala-amaliyot moduli	Mobil ilovalar orqali ma’lumot yig‘ish, onlayn mentorlik, raqamli hisobot	Namuna olish, o‘lchash, real ob’ektda ekologik nazoratni amalga oshirish

Manba: muallif ishlanmasi.

Modelda bilim onlayn, ko‘nikmalar esa virtual va qisqa jadal dala mashg‘ulotlari orqali shakllantiriladi; bu tinglovchilarning ishdan ajralish muddatini va qatnov xarajatlarini qisqartiradi.

Model uch toifaga moslashtirilishi mumkin: “yashil” texnikumlar o‘quvchilari (o‘rta bo‘g‘in kadrlari), ekologiya yo‘nalishidagi talaba va magistrlar hamda davlat organlari xodimlari va ishlayotgan ekologlar. Xususan, PQ-184-son qarorda nazarda tutilgan bepul o‘quv kurslarini [3] masofaviy shaklda tashkil etish ularning qamrovini sezilarli darajada kengaytiradi.

XULOSA, ILMIY-NAZARIY TAKLIF VA TAVSIYALAR

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, O‘zbekistonda ekologik kadrlarga talab keskin ortayotgan sharoitda masofaviy ta’lim texnologiyalari tayyorlash qamrovini kengaytirish, hududlar o‘rtasidagi tafovutni kamaytirish va ta’limning ekologik izini qisqartirishning samarali vositasi hisoblanadi. Biroq sohaning amaliy xususiyati to‘liq onlayn emas, balki aralash yondashuvni talab qiladi. Shu asosda quyidagi takliflar ilgari suriladi.

Ilmiy-nazariy takliflar:

1) “masofaviy ekologik kasbiy ta’lim” tushunchasini atrof-muhit muhofazasi sohasidagi kasbiy kompetensiyalarni axborot-kommunikatsiya texnologiyalari vositasida masofadan shakllantiruvchi hamda laboratoriya va dala amaliyoti bilan uzviy bog‘langan ta’lim shakli sifatida ta’riflash;

2) onlayn, virtual va dala komponentlari nisbatini shakllantiriladigan kompetensiya turiga (bilim, tahliliy ko‘nikma, amaliy ko‘nikma) qarab belgilash tamoyilini ekologik kadrlar tayyorlash metodikasiga asos qilib olish.

Amaliy tavsiyalar:

3) Markaziy Osiyo atrof-muhit va iqlim o‘zgarishini o‘rganish universiteti bazasida o‘zbek tilidagi ekologik onlayn kurslar platformasini yaratish va unga xalqaro kurslarning moslashtirilgan versiyalarini joylashtirish;

4) “yashil” texnikumlar uchun virtual laboratoriya va geoaxborot tizimlari bo‘yicha umumiy raqamli modullarni ishlab chiqish;

5) davlat organlari xodimlari uchun ekologik bilimlarni oshirish kurslarini sertifikat beriladigan masofaviy formatda tashkil etish;

6) kurslar samaradorligini faqat sertifikatlar soni bilan emas, balki bitiruvchilarning olingan bilimlarni amaliyotda qo‘llash ko‘rsatkichi orqali ham baholab borish.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 30-oktabrdagi PF-5863-son “2030-yilgacha bo‘lgan davrda O‘zbekiston Respublikasining Atrof muhitni muhofaza qilish konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi Farmoni. https://www.lex.uz/uz/docs/-4574008

2. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2019-yil 27-maydagi 434-son “O‘zbekiston Respublikasida ekologik ta’limni rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi qarori. https://lex.uz/docs/4354743

3. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2025-yil 15-maydagi PQ-184-son “2030-yilgacha bo‘lgan davrda aholining ekologik madaniyatini yuksaltirish konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi qarori.

4. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2026-yil 25-martdagi PQ-110-son “«Eko-madaniyat» umummilliy loyihasi doirasida ekologik ta’lim, ilm-fan va targ‘ibotni jadallashtirishga oid kompleks chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi qarori.

5. UNESCO. Greening curriculum guidance: teaching and learning for climate action. – Paris: UNESCO, 2024.

6. O‘zbekiston Respublikasining 2020-yil 23-sentabrdagi O‘RQ-637-son “Ta’lim to‘g‘risida”gi Qonuni. https://lex.uz/docs/-5013007

7. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2022-yil 3-oktabrdagi 559-son “Oliy ta’lim tashkilotlarida masofaviy ta’lim shaklini joriy etish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi qarori. https://lex.uz/docs/-6221502

8. UN CC:Learn. 2024 Annual Report. – Geneva: UNITAR, 2025. https://www.uncclearn.org/2024-annual-report/

9. Roy R., Potter S., Yarrow K. Designing low carbon higher education systems: environmental impacts of campus and distance learning systems // International Journal of Sustainability in Higher Education. – 2008. – Vol. 9, No. 2. – P. 116–130.

ATROF-MUHITNI MUHOFAZA QILISHNING DASTURIY TA’MINOT YECHIMLARI.

Qarshiboyev X. Q. f-m.f.n., dotsent.
Samarqand iqtisodiyot va servis instituti
Oliy matematika kafedrasi mudiri. E-mail: karshiboyev@mail.ru

Annotatsiya. Mazkur maqolada atrof-muhit monitoringida matematik usullardan foydalanishning nazariy va amaliy jihatlari yoritilgan. Atmosfera havosi, suv resurslari va ekologik holatni baholashda statistik tahlil, korrelyatsiya-regressiya modellari, vaqt qatorlari, indekslash, optimallashtirish hamda matematik modellashtirish usullarining imkoniyatlari ko‘rib chiqiladi. Monitoring ma’lumotlarini qayta ishlash, shovqinlarni kamaytirish, tendensiyalarni aniqlash va ekologik xavfni baholash uchun formulalar keltirilgan. Shuningdek, sun’iy intellekt asosidagi algoritm yordamida ekologik ko‘rsatkichlarni prognozlash va anomaliyalarni aniqlashning umumiy ketma-ketligi taklif etiladi. Maqolada amaliy foydalanish uchun jadvallar va grafik misollar ham berilgan.

Kalit so‘zlar: atrof-muhit monitoringi, matematik model, statistik tahlil, regressiya, vaqt qatori, ekologik indeks, optimallashtirish, sun’iy intellekt, mashinaviy o‘qitish, prognozlash.

KIRISH. Atrof-muhit holatini muntazam kuzatish ekologik xavfsizlikni ta’minlash, tabiiy resurslardan oqilona foydalanish va antropogen ta’sirni kamaytirishning muhim vositalaridan biridir. Zamonaviy monitoring tizimlari katta hajmdagi ma’lumotlarni uzluksiz yig‘adi. Bunday ma’lumotlarni oddiy tavsiflash bilan cheklanib qolmasdan, ularning o‘zgarish qonuniyatlarini aniqlash, o‘zaro bog‘liqliklarni baholash va kelajakdagi holatni prognoz qilish talab etiladi.

Matematik usullar aynan shu vazifalarni tizimli ravishda bajarishga imkon beradi. Statistik ko‘rsatkichlar ma’lumotlarning umumiy xususiyatlarini ifodalasa, regressiya va korrelyatsiya usullari omillar o‘rtasidagi bog‘lanishlarni aniqlaydi. Vaqt qatorlari ekologik ko‘rsatkichlarning dinamikasini tahlil qilishga,

optimallashtirish esa cheklangan resurslar sharoitida monitoring punktlari yoki ekologik tadbirlarni samarali joylashtirishga xizmat qiladi.

Maqolaning maqsadi – atrof-muhit monitoringida qo‘llaniladigan asosiy matematik usullarni tizimlashtirish, ularning amaliy ahamiyatini ko‘rsatish va sun’iy intellekt algoritmlarini monitoring jarayoniga integratsiya qilishning umumiy modelini taklif etish.

1. ATROF-MUHIT MONITORINGI VA MATEMATIK TAHLIL

Ekologik monitoring – tabiiy muhit komponentlarining holatini kuzatish, o‘lchash, tahlil qilish va baholash jarayonidir. Monitoring natijalari odatda atmosfera havosidagi ifloslantiruvchi moddalar konsentratsiyasi, suvning fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlari, tuproq parametrlari, meteorologik omillar va biologik indikatorlar ko‘rinishida ifodalanadi.

Matematik tahlil monitoring ma’lumotlarini uch bosqichda ko‘rib chiqishga yordam beradi: birinchidan, o‘lchovlarni tozalash va umumlashtirish; ikkinchidan, mavjud bog‘lanish va tendensiyalarni aniqlash; uchinchidan, prognoz va qaror qabul qilish uchun model qurish. Bu yondashuv monitoringni faqat kuzatuv tizimidan tahliliy va prognozlovchi tizimga aylantiradi.

1-jadval. Monitoringda qo‘llaniladigan asosiy matematik usullar

Usul	Asosiy vazifa	Amaliy natija
Deskriptiv statistika	O‘rtacha, dispersiya, medianani aniqlash	Ma’lumotlarning umumiy tavsifi
Korrelyatsiya	Ko‘rsatkichlar o‘rtasidagi bog‘lanishni baholash	Bog‘liq omillarni aniqlash
Regressiya	Natijaviy ko‘rsatkichni omillar orqali ifodalash	Prognoz va ta’sir bahosi
Vaqt qatori	Dinamikani va mavsumiylikni tahlil qilish	Trend va prognoz
Optimallashtirish	Cheklovlarda eng maqbul yechimni topish	Resurslardan samarali foydalanish
Indekslash	Bir nechta indikatorni umumlashtirish	Kompleks ekologik baho

2. STATISTIK USULLAR VA MONITORING MA’LUMOTLARINI QAYTA ISHLASH

Monitoring ma’lumotlari o‘lchash xatolari, tasodifiy tebranishlar va ayrim hollarda yetishmayotgan qiymatlarga ega bo‘lishi mumkin. Shu sababli dastlabki statistik qayta ishlash muhim bosqich hisoblanadi. Tanlanmaning arifmetik o‘rtachasi quyidagicha aniqlanadi:

$$\bar{x} = (1/n)\ \Sigma(i=1 \text{ dan } n \text{ gacha})\ x_i.$$

Bu yerda x_i – i-o‘lchov qiymati, n – kuzatuvlar soni. Dispersiya esa qiymatlarning o‘rtacha atrofida tarqalishini ko‘rsatadi:

$$s^2 = [\Sigma(x_i - \bar{x})^2] / (n - 1).$$

Medianadan foydalanish keskin chetga chiqqan qiymatlar mavjud bo‘lgan hollarda foydali. Standartlashtirish orqali turli o‘lchov birliklaridagi indikatorlarni bir xil shkala asosida taqqoslash mumkin:

$$z_i = (x_i - \bar{x}) / s.$$

Monitoring qatorlarini silliqlashda harakatlanuvchi o‘rtacha usuli ham qo‘llanadi. Masalan, k davrli silliqlangan qiymat S□ = (1/k)Σx□₋ □ ko‘rinishida hisoblanadi. Bu usul qisqa muddatli tasodifiy tebranishlarni kamaytirib, asosiy trendni ko‘rishni osonlashtiradi.

3. KORRELYATSIYA VA REGRESSIYA MODELLARI

Ekologik jarayonlarda havo sifati meteorologik sharoit, transport oqimi, sanoat yuklamasi va boshqa omillar bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin. Ikki o‘zgaruvchi orasidagi chiziqli bog‘lanish Pearson korrelyatsiya koeffitsienti orqali baholanadi:

$$r = \Sigma[(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})] / \sqrt{\{\Sigma(x_i - \bar{x})^2 \cdot \Sigma(y_i - \bar{y})^2\}}.$$

r qiymati −1 va +1 oralig‘ida bo‘ladi. Uning ishorasi bog‘lanish yo‘nalishini, absolyut qiymati esa chiziqli bog‘lanish kuchini tavsiflaydi. Korrelyatsiya sabab-oqibatni avtomatik ravishda isbotlamasligini hisobga olish zarur.

Ko‘p omilli regressiya modeli ekologik ko‘rsatkichni bir nechta omil orqali ifodalashi mumkin:

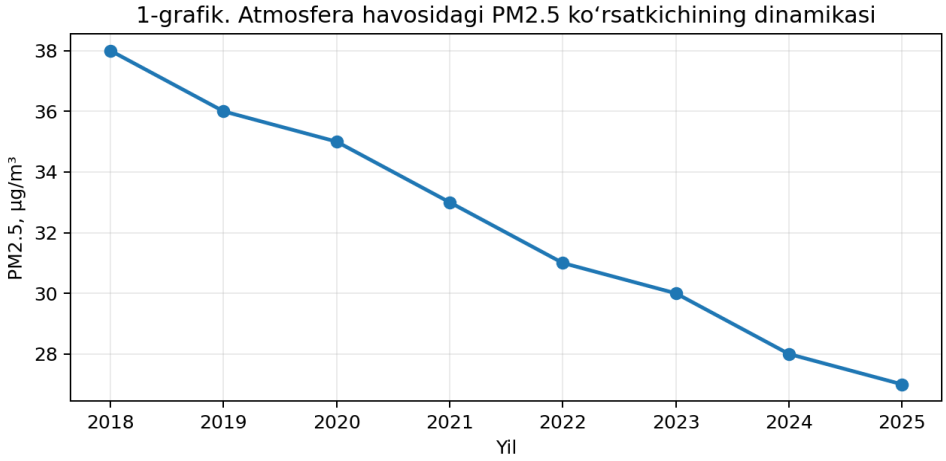
$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \ldots + \beta\square x\square + \varepsilon.$$

Masalan, PM2.5 konsentratsiyasini meteorologik ko‘rsatkichlar va transport yuklamasi bilan bog‘lash mumkin. Model koeffitsientlari ma’lumotlar asosida baholanadi, so‘ng modelning xatoligi va barqarorligi tekshiriladi.

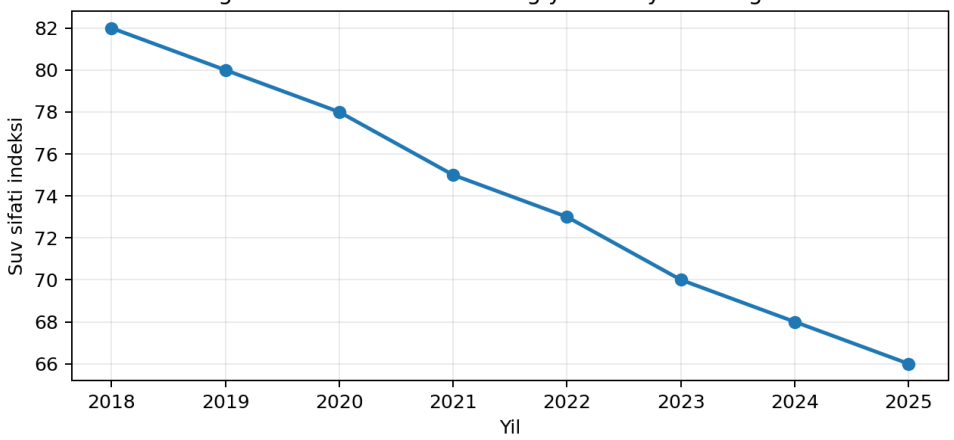
4. VAQT QATORLARI VA EKOLOGIK INDEKSLAR

Ekologik monitoring ko‘pincha bir xil ko‘rsatkichning oylar yoki yillar davomida qayd etilishiga asoslanadi. Vaqt qatorining umumiy ko‘rinishi y□ = T□ + S□ + E□ shaklida ifodalanishi mumkin, bunda T□ – trend, S□ – mavsumiy komponent, E□ – tasodifiy komponent.

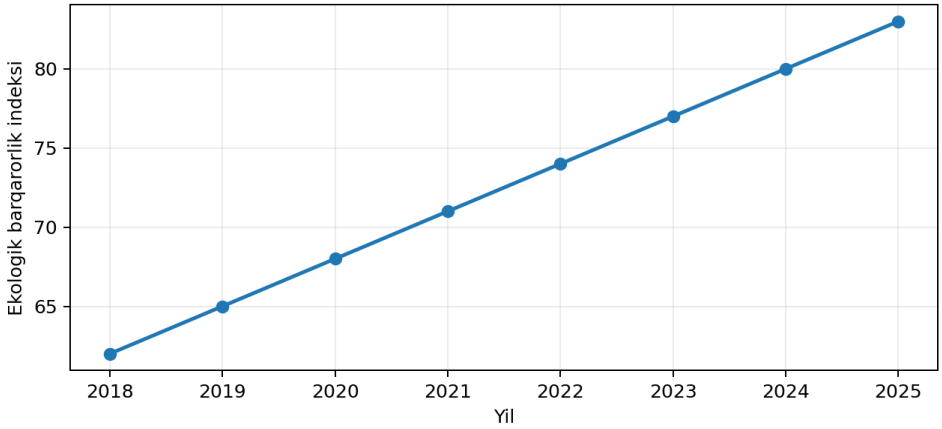
Trendni aniqlash ekologik siyosat va monitoring dasturlarining uzoq muddatli natijalarini baholashga yordam beradi. Quyidagi grafiklar uslubiy misol sifatida berilgan; ular real hududiy monitoring ma’lumotlari emas, balki matematik tahlilni namoyish qilish uchun tuzilgan.



1-grafik. Atmosfera havosidagi PM2.5 ko‘rsatkichining dinamikasi



2-grafik. Suv sifati indeksining yillar bo‘yicha o‘zgarishi



3-grafik. Ekologik barqarorlik indeksining dinamikasi

Kompleks ekologik indeks bir nechta standartlashtirilgan indikatorlarning og‘irliklar bilan yig‘indisi sifatida hisoblanishi mumkin:

$$I = \Sigma(w_i \cdot z_i),\ \Sigma w_i = 1.$$

Bu yerda w_i – indikatorning vazni, z_i – standartlashtirilgan qiymat. Indeks tuzishda indikatorlarning yo‘nalishi, o‘lchov birligi va normalizatsiya usuli aniq belgilanishi kerak.

2-jadval. Ekologik monitoring ko‘rsatkichlari va matematik ishlov berish

Komponent	Ko‘rsatkich	Matematik usul	Natija

Atmosfera	PM2.5, NO_2 , SO_2	O‘rtacha, trend, regressiya	Ifloslanish dinamikasi
Suv	pH, loyqalik, BOD	Indeks, korrelyatsiya	Suv sifati bahosi
Tuproq	Namlik, tuz miqdori	Statistika, xaritalash	Hududiy farqlar
Meteorologiya	Harorat, shamol, yog‘in	Vaqt qatori	Prognoz omillari

5. OPTIMALLASHTIRISH USULLARI

Monitoring tarmog‘ini tashkil etishda kuzatuv punktlari soni, hududning maydoni, o‘lchash chastotasi va moliyaviy resurslar o‘rtasida muvozanat talab qilinadi. Bunday vazifalarni matematik optimallashtirish yordamida ifodalash mumkin.

Umumiy optimallashtirish masalasi $F(x) \rightarrow \min$ yoki $F(x) \rightarrow \max$ ko‘rinishida berilib, x o‘zgaruvchilar ma’lum cheklovlarni qanoatlantiradi. Masalan:

$$F(x) = \Sigma\, w_i\, |x_i - \hat{x}_i|,\ x_i \in X.$$

Bu yerda $\hat{x}_i$ – kuzatilgan yoki prognoz qilingan qiymat, x_i – modeldagi qiymat. Monitoring punktlarini joylashtirishda masofani minimallashtirish, qamrovni maksimal darajada oshirish va xavfli hududlarga ustuvorlik berish kabi mezonlar birgalikda qo‘llanishi mumkin.

3-jadval. Monitoring tizimini optimallashtirish mezonlari

Mezon	Maqsad funksiyasi	Kutiladigan samara
Xarajat	$C(x) \rightarrow \min$	Monitoring xarajatlarini kamaytirish
Qamrov	$A(x) \rightarrow \max$	Hududni ko‘proq qamrab olish
Aniqlik	$E(x) \rightarrow \min$	O‘lchash xatosini kamaytirish
Xavf	$R(x) \rightarrow \max$ ustuvor	Xavfli zonalarni yaxshiroq kuzatish

6. SUN’IY INTELLEKT VA MASHINAVIY O‘QITISH ALGORITMI

Sun’iy intellekt usullari ekologik monitoringda katta hajmdagi va ko‘p o‘lchovli ma’lumotlardan yashirin qonuniyatlarni aniqlash uchun qo‘llanishi mumkin. Mashinaviy o‘qitish modeli o‘tgan kuzatuvlar asosida yangi qiymatlarni prognoz qiladi, anomaliyalarni ajratadi yoki obyektlarni ekologik holatiga ko‘ra guruhlarga ajratadi.

Masalan, PM2.5 prognozi uchun kiruvchi belgilar sifatida oldingi PM2.5 qiymatlari, harorat, namlik, shamol tezligi, bosim va transport yuklamasi olinishi mumkin. Chiqish o‘zgaruvchisi esa keyingi vaqt oralig‘idagi PM2.5 qiymati bo‘ladi.

Tavsiya etiladigan umumiy AI algoritmi quyidagi bosqichlardan iborat:

1) Ma’lumotlarni yig‘ish: sensorlar, laboratoriya o‘lchovlari va meteorologik kuzatuvlar.

2) Ma’lumotlarni tozalash: yetishmayotgan qiymatlarni aniqlash, anomaliyalarni tekshirish va birliklarni birxillashtirish.

3) Belgilarni tayyorlash: lag qiymatlar, harakatlanuvchi o‘rtacha, mavsumiy va meteorologik belgilarni shakllantirish.

4) Ma’lumotlarni o‘qitish va test qismlariga ajratish.

5) Modelni o‘qitish: masalan, Random Forest, Gradient Boosting yoki neyron tarmoq.

6) Baholash: MAE, RMSE va R^2 kabi mezonlar orqali model aniqligini tekshirish.

7) Prognoz va anomaliyalarni aniqlash.

8) Natijani monitoring tizimiga qaytarish va modelni yangi ma’lumotlar bilan davriy yangilash.

Masalan, o‘rtacha mutlaq xatolik $MAE = (1/n)\Sigma|y_i - \hat{y}_i|$, ildiz-o‘rtacha kvadratik xatolik esa $RMSE = \sqrt{[(1/n)\Sigma(y_i - \hat{y}_i)^2]}$ ko‘rinishida hisoblanadi. Xatolik qancha kichik bo‘lsa, bir xil sharoitlarda model prognozlari kuzatilgan qiymatlarga shuncha yaqin bo‘ladi.

7. MATEMATIK VA AI USULLARINI BIRLASHTIRISH

Matematik statistika va sun’iy intellekt bir-birini to‘ldiradi. Statistik usullar ma’lumotlar sifatini tekshirish, taqsimot va bog‘lanishlarni tushuntirishga yordam bersa, AI algoritmlari murakkab nolinear munosabatlarni modellashtirish imkonini beradi. Biroq AI modeli ham ma’lumotlarning sifati, reprezentativligi va o‘lchash jarayoniga bog‘liq.

Amaliy monitoring tizimida quyidagi gibrid yondashuv maqsadga muvofiq: avval statistik filtrlar yordamida ma’lumotlar tozalanadi; keyin indikatorlar standartlashtiriladi; regressiya va korrelyatsiya orqali muhim omillar aniqlanadi; undan so‘ng AI modeli prognoz yoki klassifikatsiya uchun o‘qitiladi. Yakunda model natijalari ekologik ekspertiza va real o‘lchovlar bilan solishtiriladi.

Bunday yondashuvning muhim afzalligi – qaror qabul qilish jarayonida faqat bitta algoritmga emas, balki o‘lchov, statistik tahlil, matematik model va ekspert bahosiga tayangan holda kompleks xulosa chiqarish imkoniyatidir.

8. AMALIY QO‘LLASH YO‘NALISHLARI

Matematik monitoring usullaridan shahar havosining ifloslanishini baholash, suv havzalaridagi sifat o‘zgarishlarini kuzatish, qishloq xo‘jaligi yerlarining ekologik holatini tahlil qilish, sanoat korxonalari ta’sir zonasini aniqlash va tabiiy resurslardan foydalanishni rejalashtirishda foydalanish mumkin.

Hududiy monitoring tizimida sensorlardan keladigan ma’lumotlar markaziy ma’lumotlar bazasiga uzatiladi. Keyingi bosqichda avtomatik tekshiruv, statistik qayta ishlash va AI prognozi bajariladi. Natijalar grafik, jadval va ekologik xaritalar ko‘rinishida mutaxassislarga taqdim etiladi. Bu yondashuv xavfli

o‘zgarishlarni tezroq aniqlash va monitoring resurslarini ustuvor hududlarga yo‘naltirishga yordam beradi.

XULOSA

Atrof-muhit monitoringida matematik usullardan foydalanish ekologik jarayonlarni miqdoriy baholash, ularning dinamikasini aniqlash va kelajakdagi holatni prognoz qilish imkonini beradi. Statistik tahlil, korrelyatsiya-regressiya, vaqt qatorlari, indekslash va optimallashtirish usullari monitoring ma’lumotlarini izchil qayta ishlash uchun muhim vositalardir.

Sun’iy intellekt algoritmlarining qo‘llanilishi monitoring tizimining tahliliy imkoniyatlarini kengaytiradi. Ayniqsa, katta hajmdagi ma’lumotlar bilan ishlash, nolinear bog‘lanishlarni aniqlash, prognozlash va anomaliyalarni avtomatik aniqlashda mashinaviy o‘qitish usullari samarali bo‘lishi mumkin. Shu bilan birga, AI natijalarini real o‘lchovlar, statistik tekshiruvlar va ekologik ekspertiza bilan birgalikda talqin qilish zarur.

Kelgusida ekologik monitoring tizimlarini raqamlashtirish, sensor tarmoqlarini kengaytirish, geografik axborot tizimlari bilan integratsiya qilish va AI modellarini muntazam yangilash orqali ekologik holatni tezkor va ilmiy asosda baholash imkoniyatlari yanada oshadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Montgomery D. C., Runger G. C. Applied Statistics and Probability for Engineers. Wiley.

2. James G., Witten D., Hastie T., Tibshirani R. An Introduction to Statistical Learning. Springer.

3. Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. The Elements of Statistical Learning. Springer.

4. Bishop C. M. Pattern Recognition and Machine Learning. Springer.

5. Chapra S. C. Applied Numerical Methods with MATLAB for Engineers and Scientists. McGraw-Hill.

6. OpenAI. Artificial Intelligence and data analysis concepts – methodological reference.

7. Ekologik monitoring va atrof-muhit muhofazasi bo‘yicha oliy ta’lim darsliklari va o‘quv qo‘llanmalaridan foydalanilgan.

ATROF-MUHITNI MUHOFAZA QILISH UCHUN OCHIQ KODLI GEOMA’LUMOTLAR TIZIMI

Salimov Esanjon Xusen o‘g‘li
SamISI Oliy matematika kafedrasi dotsenti v.b., PhD

Annotatsiya: Maqolada atrof-muhitni muhofaza qilish vazifalarida ochiq kodli GIS va veb-xaritalash vositalaridan foydalanish imkoniyatlari yoritiladi. Usullar: Tadqiqot ochiq kodli geoma’lumotlar tizimlariga qo‘yiladigan funksional va tashkiliy talablarni tahlil qilish hamda pilot yechim

konsepsiyasini ishlab chiqish usuliga tayandi. Natijalar: Natijada ochiq kodli GIS asosidagi ekologik xarita uchun ma’lumotlar bazasi, server, tahlil moduli va foydalanuvchi panelidan iborat talablar majmuasi shakllantirildi. Xulosa: taklif etilgan yondashuvni mahalliy ekologik ma’lumotlar bilan sinovdan o‘tkazish tavsiya etiladi.

Kalit so‘zlar: ochiq kod, GIS, geoma’lumot, ekologik dasturiy ta’minot, xaritalash, raqamlashtirish

Kirish: Ekologik muammolar ko‘pincha hududiy xususiyatga ega: ifloslanish manbalari, suv havzalari, yashil hududlar va aholi punktlari makonda bir-biriga nisbatan joylashadi. Geografik axborot tizimlari ushbu qatlamlarni birgalikda tahlil qilishga imkon beradi. Ochiq kodli dasturiy vositalar litsenziya xarajatlarini kamaytirishi mumkin, ammo ularni texnik xizmat va kadrlar tayyorgarligidan mustaqil deb bo‘lmaydi.

Tadqiqot metodologiyasi: Tadqiqot ochiq kodli geoma’lumotlar tizimlariga qo‘yiladigan funksional va tashkiliy talablarni tahlil qilish hamda pilot yechim konsepsiyasini ishlab chiqish usuliga tayandi. Fazoviy ma’lumotlar bazasi, geoserver, tahlil muhiti va veb-xarita paneli uchun vazifalar belgilandi. Interoperabellik, xavfsizlik, zaxiralash, texnik xizmat va foydalanuvchi sinovi baholash mezonlari sifatida tanlandi. Dasturiy prototip va foydalanuvchi sinovi o‘tkazilmaganligi sababli natijalar sinovdan o‘tgan mahsulotni emas, joriy etishga tayyor metodik talablarni ifodalaydi.

Tizimning tarkibi: Yechim fazoviy ma’lumotlar bazasi, geoma’lumot serveri, tahlil muhiti va brauzer orqali ishlaydigan xarita panelidan tuzilishi mumkin. Qatlamlar uchun koordinata tizimi, yangilanish sanasi, manba va foydalanish huquqi qayd etiladi. Foydalanuvchi hududni tanlab, stansiyalar, suv obyektlari, ekologik xavf zonalari va yer qoplami qatlamlarini ko‘ra oladi. Qatlamlarni yuklab olish yoki API orqali ulash imkoniyati qayta foydalanishni kuchaytiradi.

Natijalar: Natijada ochiq kodli GIS asosidagi ekologik xarita uchun ma’lumotlar bazasi, server, tahlil moduli va foydalanuvchi panelidan iborat talablar majmuasi shakllantirildi.

Tizimning tarkibi: Yechim fazoviy ma’lumotlar bazasi, geoma’lumot serveri, tahlil muhiti va brauzer orqali ishlaydigan xarita panelidan tuzilishi mumkin. Qatlamlar uchun koordinata tizimi, yangilanish sanasi, manba va foydalanish huquqi qayd etiladi. Foydalanuvchi hududni tanlab, stansiyalar, suv obyektlari, ekologik xavf zonalari va yer qoplami qatlamlarini ko‘ra oladi. Qatlamlarni yuklab olish yoki API orqali ulash imkoniyati qayta foydalanishni kuchaytiradi.

Funksional talablar: Dasturiy ta’minotda qidiruv, filtrlash, vaqt bo‘yicha solishtirish, masofa hisoblash va xarita eksporti kabi asosiy vazifalar bo‘lishi kerak. Ma’lumot sifati noaniq bo‘lsa, vizualizatsiya bu holatni rang yoki belgi bilan bildirishi lozim. Tizim turli ekranlarda ishlashi, interfeys mahalliy foydalanuvchiga tushunarli bo‘lishi va kirish huquqlari rol bo‘yicha

boshqarilishi kerak. Zaxira nusxa, yangilash va xavfsizlik rejasi joriy etishning muhim qismidir. Geoma'lumotlarni veb orqali almashishda OGC API standartlari o'zaro ishlashni qo'llab-quvvatlaydi (OGC, n.d.).

Sinov va barqarorlik: Pilot tizimda bir hudud va cheklangan miqdordagi qatlam tanlanadi. Mutaxassislar tomonidan xarita aniqligi va qidiruv natijalari tekshiriladi; foydalanuvchi sinovi esa amaliy vazifani bajarish uchun ketgan vaqtni o'lchaydi. Ochiq koddan foydalanish platformani o'zgartirish erkinligini beradi, lekin kodni yangilash, serverni boshqarish va hujjat yuritish uchun aniq jamoa mas'ul bo'lishi kerak. Standartlarga moslik boshqa tizimlar bilan integratsiyani osonlashtiradi.

Qo'llash shartlari va metodik cheklovlar: Ochiq kodli tizimni tanlashda litsenziya xarajatidan tashqari, xavfsizlik yangilanishlari, texnik hujjatlar va mutaxassislar mavjudligi ham ko'riladi. Geofazoviy ochiq standartlar boshqa dasturlar bilan integratsiyani yengillashtiradi. Zaxira nusxa va tiklash tartibi amaliy sinovdan o'tkaziladi. Foydalanuvchilarga qisqa trening berilishi xaritalarni noto'g'ri talqin qilish xavfini pasaytiradi. Dastlabki prototip kichik hajmda ishga tushirilib, real ehtiyoj aniqlangach kengaytiriladi. Texnik xizmat uchun mas'ul jamoa va yangilash jadvali aniq belgilanmasa, dasturiy yechim uzoq muddat ishlamay qolishi mumkin.

Amaliy natijalarni baholash: Geoma'lumotlar tizimi foydalanuvchilarning turli tayyorgarlik darajasiga mos bo'lishi lozim. Mutaxassislar uchun qatlamlar, atributlar va yuklab olish funksiyasi, keng jamoatchilik uchun esa soddalashtirilgan xarita va tushuntirishlar taqdim etiladi. Har bir xaritada ma'lumot sanasi, miqyosi va manbasi ko'rsatiladi. Tizimning zaxira nusxasi muntazam olinib, tiklash sinovi bajariladi. Ochiq kodli dastur yangilanganda moslik va xavfsizlik sinovi o'tkaziladi. Foydalanuvchilardan kelgan takliflar keyingi versiya rejasiga kiritiladi. Shu tarzda texnik yechim ekologik axborotdan foydalanish amaliyotini bosqichma-bosqich yaxshilaydi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy-amaliy ahamiyati: GIS tizimining texnik xarajatini baholashda server, internet, zaxira nusxa, texnik xodim va foydalanuvchi o'qitish xarajatlari hisobga olinadi. Dasturni tanlashdan oldin mavjud kompyuterlar va malumot formatlari bilan moslik sinovi o'tkaziladi. Foydalanuvchilarning vazifalari asosida interfeys rejalashtirilib, ularga keraksiz funktsiyalar yuklanmaydi. Har bir qatlamning yangilanish masuliyati belgilanadi va muammo haqida xabar berish tartibi ko'rsatiladi. Ochiq kodli mahsulot ham litsenziya va xavfsizlik talablariga muvofiq yuritilishi shart. Loyiha natijasi xarita sifati, malumotdan qayta foydalanish, ish jarayonida tejalgan vaqt va texnik barqarorlik bilan baholanadi.

Joriy etish va natijalarni kuzatish: Tizimni qabul qilishdan oldin foydalanuvchi sinovlari orqali ma'lumot qidirish, qatlamlarni taqqoslash, xaritani eksport qilish va manbani aniqlash vazifalari bajariladi. Topilgan muammolar hujjatlashtirilib, keyingi versiyada tuzatiladi. Texnik xizmat

ko‘rsatish rejasi dasturiy yangilanish, zaxira nusxa, xavfsizlik va foydalanuvchi murojaatlarini qamrab oladi. Bu mezonlar ochiq kodli tizimning faqat namoyish uchun emas, kundalik ekologik ish jarayonida qo‘llanishini ta’minlaydi.

Xulosa va ilmiy-amaliy takliflar: Oliy ta’lim muassasasi va mahalliy ekologiya tashkiloti hamkorligida ochiq kodli GIS asosidagi ekologik xarita prototipini yaratish taklif etiladi. Dastlabki bosqichda ochiq qatlamlar, manba metama’lumotlari va oddiy tahlil funksiyalari kiritilib, keyin yangi modullar qo‘shiladi. Ochiq kodli yechim ekologik ma’lumotni ko‘rish va ulashish imkonini kengaytiradi, ammo uning uzoq muddatli samarasi texnik xizmat va ma’lumotlarni yangilash jarayoniga bog‘liq.

Foydalanilgan adabiyotlar.

1. UNEP. Digital Public Infrastructure for Environmental Sustainability. 2024.

2. Open Geospatial Consortium. OGC API Standards. OGC standards portal.

3. QGIS Project. QGIS Documentation. Official documentation.

EKOLOGIK MA’LUMOTLARNI BOSHQARISH UCHUN O‘ZARO ISHLAYDIGAN RAQAMLI PLATFORM

Salimov Esanjon Xusen o‘g‘li
SamISI Oliy matematika kafedrasi dotsenti v.b., PhD

Annotatsiya: Maqsad: Maqolada ekologik kuzatuv ma’lumotlarining turli idora va formatlarda tarqoq saqlanishi muammosi tahlil qilinadi. Usullar: Tadqiqot dizayn-fan yondashuvi va ekologik ma’lumotlar boshqaruvini tahlil qilish asosida bajarildi. Natijalar: Natijada ekologik ma’lumotlarni qabul qilish, tavsiflash, tahlil qilish va foydalanuvchiga yetkazish uchun o‘zaro ishlaydigan raqamli platforma arxitekturasi taklif qilindi. Xulosa: taklif etilgan yondashuvni mahalliy ekologik ma’lumotlar bilan sinovdan o‘tkazish tavsiya etiladi.

Kalit so‘zlar: ekologik ma’lumot, raqamli platforma, interoperabellik, API, ochiq ma’lumot, metama’lumot.

Kirish: Ekologik monitoring laboratoriya, davlat idorasi, universitet, xususiy sensor tarmog‘i va fuqarolik kuzatuvlaridan ma’lumot oladi. Format, birlik, hudud kodi va yangilanish tartibi farq qilgani sababli, tahlil uchun ma’lumotlarni qayta-qayta qo‘lda moslashtirish talab etiladi. Ma’lumotlar infratuzilmasi faqat serverlar yig‘indisi emas; u umumiy standartlar, mas’uliyat va almashish qoidalarini ham o‘z ichiga oladi.

Tadqiqot metodologiyasi: Tadqiqot dizayn-fan yondashuvi va ekologik ma’lumotlar boshqaruvini tahlil qilish asosida bajarildi. Tizim foydalanuvchilari, ma’lumot manbalari, metama’lumotlar, API, kirish rollari va audit iziga

qo‘yiladigan talablar aniqlanib, qatlamli arxitektura taklif etildi. O‘zaro ishlash, ma’lumot sifati, maxfiylik va boshqaruv masalalari mezonlar bo‘yicha ko‘rib chiqildi. Ishchi dasturiy prototip ishlab chiqilmagan, shuning uchun maqoladagi natija arxitektura va joriy etish modeli bilan cheklanadi.

Platforma arxitekturasi: Taklif etilayotgan yechim besh qatlamdan iborat: ma’lumot manbalari; qabul qilish va sifat nazorati; metama’lumotlar katalogi; tahlil va xaritalash xizmatlari; foydalanuvchi interfeysi. Har bir to‘plamga muallif tashkilot, o‘lchov birligi, koordinata tizimi, vaqt oralig‘i, litsenziya va sifat bayrog‘i biriktiriladi. API ma’lumotlarni mashina o‘qiy oladigan formatda uzatadi. Ochiq va cheklangan ma’lumotlar uchun turli kirish rollari belgilanadi.

Natijalar: Natijada ekologik ma’lumotlarni qabul qilish, tavsiflash, tahlil qilish va foydalanuvchiga yetkazish uchun o‘zaro ishlaydigan raqamli platforma arxitekturasi taklif qilindi.

Platforma arxitekturasi: Taklif etilayotgan yechim besh qatlamdan iborat: ma’lumot manbalari; qabul qilish va sifat nazorati; metama’lumotlar katalogi; tahlil va xaritalash xizmatlari; foydalanuvchi interfeysi. Har bir to‘plamga muallif tashkilot, o‘lchov birligi, koordinata tizimi, vaqt oralig‘i, litsenziya va sifat bayrog‘i biriktiriladi. API ma’lumotlarni mashina o‘qiy oladigan formatda uzatadi. Ochiq va cheklangan ma’lumotlar uchun turli kirish rollari belgilanadi.

Sifat, boshqaruv va xavfsizlik: Platformada xom ma’lumot saqlanib, tozalangan va hosila qatlamlar alohida versiyalanadi. O‘zgarishlar jurnali kim, qachon va nima sababdan ma’lumotni yangilaganini ko‘rsatadi. Shaxsiy yoki tijorat jihatdan sezgir ma’lumotlar anonimizatsiya qilinadi yoki cheklangan rejimda beriladi. Idoralararo kelishuv ma’lumot egasi, yangilanish muddatlari va xatolarni tuzatish tartibini belgilashi zarur. UNEPning ekologik barqarorlik uchun raqamli jamoat infratuzilmasi haqidagi tahlili ochiq almashinuv bilan bir qatorda boshqaruv mexanizmlarini ham muhim deb ko‘rsatadi. Geografik ma’lumotlar metama’lumotlarini tavsiflash uchun ISO 19115-1:2014 standarti qo‘llanadi (ISO, 2014; UNEP, 2024).

Joriy etish ketma-ketligi: Dastlab bitta mavzu, masalan, havo yoki suv sifati bo‘yicha pilot katalog tashkil qilinadi. Keyin mavjud formatlar va takrorlanuvchi maydonlar xaritalanib, umumiy lug‘at kelishiladi. Platforma mahalliy mutaxassislar uchun ma’lumot yuklash, qidirish va xaritada ko‘rish imkonini berishi lozim. Muvaffaqiyat faqat tizim ishga tushishi bilan emas, ma’lumotlarning yangiligi, to‘liqligi va qayta foydalanish holati bilan o‘lchanadi.

Qo‘llash shartlari va metodik cheklovlar: Har bir ma’lumot to‘plamiga mas’ul egasi, yangilanish davri va foydalanish huquqi biriktirilishi lozim. Yangilanish kechiksa, eski qiymat joriy ma’lumot sifatida ko‘rsatilmasligi kerak. Versiyalangan API va aniq maydon tavsiflari tizimlararo ulanishning buzilish ehtimolini kamaytiradi. Ochiq ma’lumot almashinuvi shaxsiylik, xavfsizlik va litsenziya talablarini hisobga olgan holda tashkil qilinadi. Platforma samaradorligi foydalanuvchilar sonidan tashqari, ma’lumotni topish va tahlil qilishga ketgan vaqt, qayta foydalanilgan to‘plamlar hamda ekologik qarorlar bilan o‘lchanadi.

Amaliy natijalarni baholash: Ekologik platformani rivojlantirishda ma’lumot almashish bo‘yicha kelishuvlar va texnik arxitektura parallel tayyorlanadi. Har bir tashkilot qaysi ma’lumotni qachon, qanday sifat mezoni bilan taqdim etishini belgilaydi. Markaziy katalog ma’lumotlarning o‘zini emas, ayrim hollarda manzil va shartlarini ham tavsiflashi mumkin. Boshqaruv paneli foydalanuvchiga manba va yangilanish holatini ko‘rsatishi, tahlil esa asl ma’lumot nusxasini saqlashi kerak. Tizimni baholashda ma’lumotlar birlashtirilishiga ketadigan vaqt va qayta ishlatishlar soni o‘lchanadi. Bu platformaning ekologik qarorlarga real foydasini aniqlaydi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy-amaliy ahamiyati: Ma’lumotlar almashinuvi uchun umumiy lug‘at ekologik terminlar, parametr nomlari, o‘lchov birliklari va hudud identifikatorlarini yagona talqinda beradi. Ma’lumot egalariga o‘zgarishlarni bildirish va xatoni tuzatish uchun aniq kanal kerak. Har bir dataset litsenziyasi qayta foydalanish shartlarini bildiradi; cheklangan to‘plamlar uchun ruxsat berish jarayoni tavsiflanadi. Platforma foydalanuvchisi xaritadan jadvalga, jadvaldan esa manba protokoliga o‘ta olishi lozim. Shu izchillik tahlilni takrorlash va siyosiy qarorlarni dalil bilan asoslash imkonini beradi. Raqamli infratuzilmaning arxitekturasi ochiq standartlar asosida tuzilsa, yangi idora yoki ilmiy loyiha qo‘shilishi osonlashadi.

Joriy etish va natijalarni kuzatish: Platformada datasetlar katalogi, API ishlash holati, yangilanish kechikishi va qayta foydalanish statistikasi davriy ravishda kuzatiladi. Idoralararo ishchi guruh ma’lumot lug‘atini va sifat qoidalarini yiliga kamida bir marta ko‘rib chiqadi. Foydalanuvchi muammolari uchun qayta aloqa kanali tashkil etiladi. Shu ko‘rsatkichlar texnik xizmat va ma’lumot siyosatini dalil asosida o‘zgartirish imkonini beradi. Platformaning amaliy natijasi ekologik rejalashtirishda foydalanilgan tahlillar bilan ko‘rsatiladi.

Xulosa va ilmiy-amaliy takliflar: Ekologik ma’lumotlar uchun idoralararo minimal metama’lumot standarti va ochiq API prototipini ishlab chiqish taklif etiladi. Pilot baholashda to‘plamni topish va birlashtirishga ketgan vaqt, to‘liqlik va foydalanuvchi ehtiyoji o‘lchanishi kerak. O‘zaro ishlaydigan platforma ekologik tahlilni tezlashtiradi, biroq ma’lumot egalarining mas’uliyati va muntazam yangilanish kelishuvisiz texnik yechim barqaror natija bermaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar.

1. UNEP. Digital Public Infrastructure for Environmental Sustainability. 2024.

2. UNEP. World Environment Situation Room: Global Environmental Data Strategy. 2021.

3. ISO 19115-1:2014. Geographic information – Metadata – Part 1: Fundamentals.

HAVO SIFATI KO‘RSATKICHLARINI SUN’IY INTELLEKT YORDAMIDA PROGNOZLASH

Salimov Esanjon Xusen o‘g‘li
SamISI Oliy matematika kafedrasi dotsenti v.b., PhD

Annotatsiya: Maqsad: Maqolada havo sifati ko‘rsatkichlarini meteorologik va emissiya omillari bilan birgalikda tahlil qilib, qisqa muddatli prognoz tuzish masalasi yoritiladi. Usullar: Tadqiqot vaqt qatorlari tahlili va mashinaviy o‘qitish modellarini taqqoslash yondashuviga asoslandi. Natijalar: Natijada meteorologik va vaqt omillaridan foydalanadigan, bazaviy model bilan taqqoslanadigan qisqa muddatli havo sifati prognozi metodikasi ishlab chiqildi. Xulosa: taklif etilgan yondashuvni mahalliy ekologik ma’lumotlar bilan sinovdan o‘tkazish tavsiya etiladi.

Kalit so‘zlar: sun’iy intellekt, havo sifati, PM2.5, prognoz, mashinaviy o‘qitish, izohlanadigan model.

Kirish: Havo sifati vaqt va makon bo‘yicha o‘zgaradi. Harorat inversiyasi, shamol, namlik, transport va isitish mavsumi ifloslantiruvchi moddalar darajasiga birgalikda ta’sir qiladi. Sun’iy intellekt usullari ushbu chiziqli bo‘lmagan bog‘liqliklarni aniqlashi mumkin, biroq prognoz sifati ma’lumotlar qamrovi va kuzatuv stansiyalarining ishonchliligiga bog‘liq.

Tadqiqot metodologiyasi: Tadqiqot vaqt qatorlari tahlili va mashinaviy o‘qitish modellarini taqqoslash yondashuviga asoslandi. Havo sifati o‘lchovlari meteorologik omillar, mavsum va vaqt belgisi bilan birlashtiriladigan ma’lumotlar sxemasi ishlab chiqildi. Bazaviy statistik model bilan daraxtga asoslangan algoritmlarni solishtirish, vaqt bo‘yicha train-test ajratish va prognoz xatosini stansiya kesimida o‘lchash tamoyillari belgilandi. Mahalliy stansiya ma’lumotlari hisob-kitobga kiritilmagan; maqolada real prognoz emas, uni ishlab chiqish metodikasi taklif qilinadi.

Ma’lumot va model: PM2.5 yoki boshqa tanlangan ko‘rsatkichning soatlik qiymatlari meteorologik o‘zgaruvchilar, kun vaqti hamda mavsum bilan birlashtiriladi. Yetishmayotgan qiymatlar, sensor nosozligi va stansiya ko‘chirilishi belgilanadi. Oddiy mavsumiy regressiya yoki persistence modeli bazaviy taqqoslash sifatida olinadi; keyin Random Forest yoki gradient boosting kabi algoritmlar sinovdan o‘tkaziladi. Vaqt qatorini tasodifiy aralashtirib bo‘lish prognoz bahosini buzishi mumkin, shuning uchun o‘qitish eski davr, test esa keyingi davr bo‘lishi kerak. Statistik o‘rganish modellarini tanlash va tekshirishda vaqt qatoriga mos validatsiya muhim (Hastie va boshq., 2009).

Natijalar: Natijada meteorologik va vaqt omillaridan foydalanadigan, bazaviy model bilan taqqoslanadigan qisqa muddatli havo sifati prognozi metodikasi ishlab chiqildi.

Ma’lumot va model: PM2.5 yoki boshqa tanlangan ko‘rsatkichning soatlik qiymatlari meteorologik o‘zgaruvchilar, kun vaqti hamda mavsum bilan

birlashtiriladi. Yetishmayotgan qiymatlar, sensor nosozligi va stansiya ko‘chirilishi belgilanadi. Oddiy mavsumiy regressiya yoki persistence modeli bazaviy taqqoslash sifatida olinadi; keyin Random Forest yoki gradient boosting kabi algoritmlar sinovdan o‘tkaziladi. Vaqt qatorini tasodifiy aralashtirib bo‘lish prognoz bahosini buzishi mumkin, shuning uchun o‘qitish eski davr, test esa keyingi davr bo‘lishi kerak. Statistik o‘rganish modellarini tanlash va tekshirishda vaqt qatoriga mos validatsiya muhim (Hastie va boshq., 2009).

Baholash va izohlash: Prognoz MAE va RMSE kabi xato ko‘rsatkichlari bilan baholanadi; turli stansiyalar va mavsumlar bo‘yicha natija alohida beriladi. O‘rtacha xato bilan birga yuqori ifloslanish epizodlaridagi xato ham tahlil qilinadi. Feature importance yoki SHAP yondashuvi model qaroriga qaysi omillar ko‘proq hissa qo‘shganini ko‘rsatishi mumkin, lekin sababiy ta’sirni isbotlamaydi. Prognoz xaritasida kuzatuvga yaqinlik, model noaniqligi va yangilanish vaqti ko‘rsatilishi muhim.

Amaliy qo‘llash: Ogohlantirish tizimi prognoz chegarasiga yetilganda maktab, sog‘liqni saqlash va transport xizmatlariga tushunarli xabar berishi mumkin. Model tavsiyasi mutaxassislar tomonidan tekshirilishi va turli guruhlarga ta’sirini hisobga olishi lozim. UNEP platformalari real vaqtga yaqin havo sifati ma’lumotlari va boshqaruv vositalarini birlashtirish muhimligini ko‘rsatadi. Mahalliy sharoitda ma’lumot almashinuvi va o‘lchov sifati hal qiluvchi omil bo‘lib qoladi.

Qo‘llash shartlari va metodik cheklovlar: Havo sifati stansiyalari kam bo‘lgan joylarda prognoz xaritasini o‘lchov sifatida ko‘rsatish mumkin emas. Kuzatuv nuqtalari va model hisoblari farqli belgi bilan berilib, har bir stansiya bo‘yicha prognoz xatosi ko‘rsatiladi. Kalibrlash tarixi, sensor joylashuvi va stansiya atrofidagi manbalar qayd etiladi. Ogohlantirish tizimining natijasi faqat algoritm aniqligi bilan emas, xabar o‘z vaqtida yetgani va tegishli javob choralari bajarilgani bilan baholanadi. Shu sababli texnik model bilan birga operatsion tartib va mas’uliyat ham oldindan belgilanadi.

Amaliy natijalarni baholash: Prognoz modelini joriy etishdan avval kamida bir mavsum davomida sinov rejimida yuritib, bashoratlar haqiqiy o‘lchov bilan qiyoslanadi. Epizodik yuqori ifloslanish holatlari alohida tahlil qilinadi, chunki o‘rtacha xato xavfli davrdagi xatoni yashirishi mumkin. Har bir prognoz bilan yangilanish vaqti, kuzatuv stansiyalari qamrovi va xatolik oralig‘i taqdim etiladi. Ogohlantirish matni sodda tilda bo‘lib, tavsiya etilayotgan harakat va mas’ul tashkilotni ko‘rsatadi. Model versiyasi yangilanganda oldingi va yangi model natijalari solishtiriladi. Bunday tartib foydalanuvchilarga prognozga to‘g‘ri ishonch darajasini shakllantiradi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy-amaliy ahamiyati: Havo prognozi bo‘yicha qarorlar turli foydalanuvchilarga turlicha shaklda yetkazilishi mumkin: texnik mutaxassisga o‘lchov va prognoz qatori, aholiga esa sodda xavf darajasi va ehtiyot chorasi beriladi. Xabar chiqarish mezoni oldindan tasdiqlanadi va haddan tashqari ko‘p ogohlantirish foydalanuvchi ishonchini pasaytirishi mumkinligi

hisobga olinadi. Model faqat korrelyatsiyaga tayanishi mumkinligi uchun muayyan chora ifloslanishni keltirib chiqaradi degan sababiy xulosa qilinmaydi. Yangi malumot kelganda prognozning qanchalik o‘zgargani saqlanadi. Bu audit izi modelni baholash, xatoni tahlil qilish va kelgusi versiyani yaxshilashga xizmat qiladi.

Joriy etish va natijalarni kuzatish: Prognoz tizimining sinov bahosiga o‘lchovlar qamrovi, prognoz xatosi, yuqori ifloslanish epizodlarini aniqlash va xabar yetkazish vaqti kiritiladi. Har oy mutaxassislar noto‘g‘ri ogohlantirish va o‘tkazib yuborilgan holatlarni ko‘rib chiqib, sababini qayd qiladi. Ushbu audit modeldagi ma’lumot yoki parametr muammosini aniqlashga yordam beradi. Natijalar jamoatchilikka tushunarli shaklda e’lon qilinsa, prognozga bo‘lgan ishonch dalil bilan shakllanadi.

Xulosa va ilmiy-amaliy takliflar: Bir necha stansiya bo‘yicha 24–72 soatlik prognoz beradigan, bazaviy model bilan taqqoslanadigan va xato xaritasini e’lon qiladigan sinov tizimi yaratish taklif etiladi. Tizim ishga tushishidan oldin ma’lumotlar sifati, davriy kalibrlash ja’vvali va xatolik chegaralari tasdiqlanishi kerak. Sun’iy intellekt havo sifati bo‘yicha erta ogohlantirishni kuchaytiradi, ammo ma’lumot sifati va shaffof baholash bo‘lmasa, prognoz ishonchli qaror tayanchi bo‘la olmaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar.

1. UNEP. Air Quality Management Exchange (AQMx): tools, models and guidance. UNEP platform.

2. UNEP. World Environment Situation Room: Global Environmental Data Strategy. 2021.

3. Hastie, T.; Tibshirani, R.; Friedman, J. The Elements of Statistical Learning. 2nd ed. Springer, 2009.

SUN’IY YO‘LDOSH TASVIRLARI ASOSIDA YER DEGRADATSIYASINI ANIQLASHDA MASHINAVIY O‘QITISH

Salimov Esanjon Xusen o‘g‘li
SamISI Oliy matematika kafedrasi dotsenti v.b., PhD

Annotatsiya: Maqolada sun’iy yo‘ldosh tasvirlari va mashinaviy o‘qitish usullari yordamida yer qoplami o‘zgarishi hamda degradatsiya alomatlarini aniqlash yondashuvi bayon etiladi. Usullar: Tadqiqot masofadan zondlash va mashinaviy o‘qitish bo‘yicha metodik tahlil asosida olib borildi. Natijalar: Natijada tasvirlarni tayyorlashdan modelni fazoviy test ma’lumotlarida baholashgacha bo‘lgan yer degradatsiyasi tasnifi protokoli taklif etildi. Xulosa: taklif etilgan yondashuvni mahalliy ekologik ma’lumotlar bilan sinovdan o‘tkazish tavsiya etiladi.

Kalit so‘zlar: sun’iy yo‘ldosh, masofadan zondlash, mashinaviy o‘qitish, yer degradatsiyasi, NDVI, tasniflash.

Kirish: Yer degradatsiyasi o‘simlik qoplamining kamayishi, sho‘rlanish, eroziya va foydalanish turining o‘zgarishi orqali namoyon bo‘lishi mumkin. Katta hududlarni faqat yer usti kuzatuvlari bilan tez-tez baholash qiyin. Sun’iy yo‘ldosh tasvirlari keng maydonni bir xil metodda kuzatish imkonini beradi; mashinaviy o‘qitish esa ko‘p spektrli belgilar va vaqt qatoridagi murakkab naqshlarni ajratishga yordam beradi.

Tadqiqot metodologiyasi: Tadqiqot masofadan zondlash va mashinaviy o‘qitish bo‘yicha metodik tahlil asosida olib borildi. Tasvirlarni tayyorlash, spektral indekslardan foydalanish, nazorat namunalarini shakllantirish, tasniflash modelini o‘qitish va fazoviy ajratilgan test to‘plamida tekshirish bosqichlari belgilandi. Aniqlik, recall va chalkashlik matritsasi kabi baholash ko‘rsatkichlari tanlandi. Mahalliy tasvir va dala namunalari bilan model o‘qitilmagani uchun natijalar amaliy xarita sifatida emas, takrorlanadigan tadqiqot protokoli sifatida talqin qilinadi.

Ma’lumotlarni tayyorlash: Tasvirlar bulut, atmosfera va geometrik xatolardan tozalanadi; piksel qiymatlari bir xil proyeksiya va vaqt oralig‘iga keltiriladi. NDVI kabi vegetatsiya indekslari o‘simlik holati uchun proksi beradi, biroq uni degradatsiyaning yagona o‘lchovi sifatida talqin qilib bo‘lmaydi. Har bir tasvirga sana va mavsum belgisi biriktirilishi, chunki ekin fenologiyasi va yog‘in farqi indeks qiymatiga ta’sir ko‘rsatadi. Nazorat namunalarini dala kuzatuvi yoki tekshirilgan xaritalardan olish lozim.

Natijalar: Natijada tasvirlarni tayyorlashdan modelni fazoviy test ma’lumotlarida baholashgacha bo‘lgan yer degradatsiyasi tasnifi protokoli taklif etildi.

Ma’lumotlarni tayyorlash: Tasvirlar bulut, atmosfera va geometrik xatolardan tozalanadi; piksel qiymatlari bir xil proyeksiya va vaqt oralig‘iga keltiriladi. NDVI kabi vegetatsiya indekslari o‘simlik holati uchun proksi beradi, biroq uni degradatsiyaning yagona o‘lchovi sifatida talqin qilib bo‘lmaydi. Har bir tasvirga sana va mavsum belgisi biriktirilishi, chunki ekin fenologiyasi va yog‘in farqi indeks qiymatiga ta’sir ko‘rsatadi. Nazorat namunalarini dala kuzatuvi yoki tekshirilgan xaritalardan olish lozim.

Model qurish va tekshirish: Random Forest yoki gradient boosting kabi algoritmlar yer qoplami sinflarini tasniflashda ishlatilishi mumkin. Ma’lumotlar o‘qitish va tekshirish qismlariga fazoviy bloklar bo‘yicha ajratiladi; tasodifiy piksel ajratish yaqin joylarning o‘xshashligi sababli aniqlikni sun’iy oshirishi mumkin. Umumiy aniqlik bilan birga sinf bo‘yicha aniqlik, recall va chalkashlik matritsasi e’lon qilinadi. Degradatsiya kabi kam uchraydigan sinflarda umumiy aniqlik yetarli baho bermaydi. Random Forest algoritmi ansambl daraxtlari orqali tasniflash va regressiya masalalarini yechishga mo‘ljallangan (Breiman, 2001).

Natijalarni talqin qilish: Model xaritasi ehtimollik yoki ishonch darajasini ham ko‘rsatishi maqsadga muvofiq. Noto‘g‘ri tasniflangan hududlar mutaxassis tomonidan tekshiriladi va zarur bo‘lsa, qo‘shimcha dala o‘lchovi o‘tkaziladi. Tasvirlar manbasi, sana oralig‘i, algoritm parametrlari va tekshiruv namunasi

qayd qilinsa, xaritani qayta tiklash mumkin bo‘ladi. O‘zbekiston bo‘yicha UNEPning ekologik o‘zgarish atlasi sun’iy yo‘ldosh va ko‘p davrli ma’lumotlarning milliy ekologik baholashdagi ahamiyatini ko‘rsatadi.

Qo‘llash shartlari va metodik cheklovlar: Sun’iy yo‘ldosh tasvirining piksel o‘lchami va davriyligi kuzatilayotgan degradatsiya jarayoniga mos bo‘lishi kerak. Kichik maydondagi eroziya o‘rta aniqlikdagi tasvirda aniqlanmasligi, keng ko‘lamli o‘simlik qoplami pasayishi esa ko‘rinishi mumkin. O‘qitish ma’lumotlari hududlar bo‘yicha muvozanatli tanlanmasa, model ayrim landshaftlarda xolis bo‘lmagan xarita beradi. Dala tekshiruvi turli yer foydalanish turlaridan qatlamlab olinadi. Ekspert tasdiqlagan xatolar keyingi model versiyasiga qo‘shiladi. Natijada xarita bilan birga uning ishonchlilik chegaralari ham taqdim etiladi.

Amaliy natijalarni baholash: Natijani faqat bitta yildagi indeks qiymati bilan baholash tabiiy mavsumiylikni degradatsiya deb ko‘rsatishi mumkin. Shu sababli bir xil mavsumga tegishli ko‘p yillik tasvirlar qiyoslanadi va meteorologik sharoitlar qayd etiladi. Tasniflash chegaralari mahalliy landshaft bo‘yicha tekshiriladi; turli viloyatlarga bitta tayyor modelni ko‘r-ko‘rona ko‘chirish tavsiya etilmaydi. Yakuniy xarita mas’ul tashkilotning dala tekshiruvi rejasiga bog‘lanadi. Tekshiruv natijasi xatolarni to‘g‘rilashdan tashqari, yer degradatsiyasining ehtimoliy sabablarini aniqlashga ham xizmat qiladi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy-amaliy ahamiyati: Yer degradatsiyasi xavfi xaritasini tayyorlashda ekologik tasnif va iqtisodiy foydalanish tushunchalari farqlanadi. Masalan, mavsumiy yalang‘och tuproqni doimiy degradatsiya deb tasniflash noto‘g‘ri bo‘lishi mumkin. Shu bois tasvirning bir nechta fasldagi ma’lumoti, yog‘in va yer foydalanish tarixi birgalikda ko‘riladi. Algoritm natijasi dala kuzatuvi bilan tekshirilganidan so‘ng qarorlar uchun ishlatiladi: qaysi hududga tuproq tahlili, meliorativ tadbir yoki qo‘shimcha kuzatuv zarurligi aniqlanadi. Model versiyasi o‘zgarganda oldingi xarita bilan yangi xarita taqqoslanadi va keskin farqlar izohlanadi. Bu monitoring xaritasini vaqt davomida izchil yuritish imkonini beradi.

Joriy etish va natijalarni kuzatish: Xarita natijalarini amaliy qarorga aylantirish uchun degradatsiya ehtimoli yuqori deb topilgan hududlarda dala tekshiruvi o‘tkaziladi. Dala guruhlari tuproq, o‘simlik qoplami va yer foydalanish holatini standart shaklda qayd etadi. Model xaritasi va tekshiruv natijasi solishtirilib, xatoliklar turi tasniflanadi. Ushbu ish natijasida keyingi monitoring uchun ustuvor hududlar va tiklash choralari aniqlanadi. Shunday qilib, masofadan zondlash xaritasi yer resurslarini boshqarish jarayoniga bevosita ulanadi.

Xulosa va ilmiy-amaliy takliflar: Degradatsiya xavfi mavjud hududda ko‘p yillik sun’iy yo‘ldosh tasvirlarini dala tekshiruvlari bilan birlashtirgan pilot xarita ishlab chiqish taklif etiladi. Xarita qaror qabul qiluvchiga kuzatilgan o‘zgarish va uning noaniqligini alohida ko‘rsatishi zarur. Mashinaviy o‘qitish monitoringni tezlashtiradi, ammo dala tekshiruvi va ekologik ekspertiza o‘rnini bosmaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar.

1. UNEP. Atlas of Environmental Change of the Republic of Uzbekistan. 2025.
2. UNEP. Digital Public Infrastructure for Environmental Sustainability. 2024.
3. Breiman, L. Random Forests. Machine Learning, 45, 2001, pp. 5–32.

GEOAXBOROT TIZIMLARI (GAT) VA BUYUMLAR INTERNETI (IoT) INTEGRATSIYASI ASOSIDA ATROF-MUHITNI BOSHQARISHNING DASTURIY MAJMUASINI YARATISH

Husanov F.O. Samarqand iqtisodiyot va servis institute Oliy matematika kafedrasi v.b. dotsenti husanovfarrux7@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu ilmiy maqolada Geoaxborot tizimlari (GAT/GIS) hamda Buyumlar interneti (IoT) texnologiyalarini o‘zaro integratsiya qilish orqali atrof-muhit holatini real vaqt rejimida boshqaruvchi dasturiy majmuani yaratish masalalari tadqiq etilgan. Shahar va sanoat hududlarida o‘rnatilgan aqlli ekologik sensorlardan (havo, suv, shovqin va tuproq namligi datchiklaridan) kelayotgan ma’lumotlarni elektron xaritalarda fazoviy vizuallashtirish ekologik vaziyatni tezkor boshqarish imkonini beradi. Tadqiqotda o‘zbek va xorijiy olimlarning geoinformatika, telemetriya va matematik modellashtirish bo‘yicha ishlari tahlil qilinib, to‘rt qatlamli IoT-GAT dasturiy arxitekturasi asoslab berilgan hamda amaliy takliflar ishlab chiqilgan.

Kalit so‘zlar: dasturiy majmua, Geoaxborot tizimlari (GAT), Buyumlar interneti (IoT), aqlli sensorlar, fazoviy vizuallashtirish, real vaqt monitoringi, ekologik xavfsizlik.

KIRISH

Zamonaviy “Aqlli shahar” (Smart City) va “Yashil iqtisodiyot” konsepsiyalarini atrof-muhit holatini uzluksiz nazorat qiluvchi va boshqaruvchi integratsiyalashgan dasturiy majmualarsiz tasavvur etib bo‘lmaydi. Bugungi kunda atmosfera havosiga avariyaviy gaz chiqishi, daryo va kanallarda suv sifatining keskin o‘zgarishi, o‘rmon va daraxtzorlarda yong‘in xavfi yoki tuproq qurishi kabi ekologik hodisalar juda qisqa vaqt oralig‘ida sodir bo‘ladi. Agar datchiklardan olingan ko‘rsatkichlar oddiy raqamli jadvallar ko‘rinishida qolib ketsa va hududning elektron geografik xaritasi (shamol yo‘nalishi, aholi zichligi, suv tarmoqlari, maktab va shifoxonalar joylashuvi) bilan dasturiy bog‘lanmasa, tezkor va aniq boshqaruv qarorini qabul qilish qiyinlashadi.

O‘zbekistonda ekologik boshqaruvni raqamlashtirish, shaharlar va sanoat hududlarida avtomatlashtirilgan datchiklar tarmog‘ini kengaytirish hamda interaktiv elektron ekologik xaritalar yaratish davlat siyosatining muhim yo‘nalishiga aylangan. Biroq turli ishlab chiqaruvchilarning datchiklari (IoT qurilmalari) ma’lumotlarini yagona bulutli serverda yig‘ish, ularni Geoaxborot tizimlari (GAT) fazoviy qatlamlari bilan bog‘lash va avtomatik ogohlantirish

algoritmlarini ishlab chiqish maxsus dasturiy muhandislik yechimlarini talab etadi.

Mazkur ilmiy maqolaning maqsadi – Buyumlar interneti (IoT) ekologik datchiklari va Geoaxborot tizimlari (GAT) integratsiyasiga asoslangan dasturiy majmua arxitekturasini ishlab chiqish, fazoviy-matematik tahlil modullarining ishlash mexanizmini asoslash hamda ushbu dasturiy yechimning amaliy samaradorligini ko‘rsatib berishdan iborat.

ASOSIY QISM

Geoaxborot tizimlari va fazoviy ma’lumotlar bazalarini loyihalash nazariyasi jahon ilm-fanida P. Tomlinson (GAT asoschisi), Дж. Dangermond va M. Gudchayld tomonidan yaratilgan bo‘lsa, Buyumlar interneti (IoT) sensor tarmoqlarini atrof-muhit monitoringiga qo‘llash arxitekturasi K. Eshton, Л. Atzori hamda zamonaviy eko-kibernetika tadqiqotchilari ishlarida shakllantirilgan. Ularning ilmiy izlanishlarida simsiz telemetriya bilan raqamli kartografiyaning birlashuvi tabiiy resurslarni boshqarishda inqilobiy burilish yasagani ko‘rsatilgan.

O‘zbekistonda axborot-kommunikatsiya texnologiyalari, geoaxborot tizimlari va ekologik jarayonlarni dasturiy-matematik modellashtirish bo‘yicha akademik V.Q. Qobulov, N.R. Yusupbekov, S.S. G‘ulomov, B.A. Begalov, geoinformatika va GAT kartografiyasi bo‘yicha E.Yu. Safarov, ekologik tizimlarni kompyuterli modellashtirish bo‘yicha N. Ravshanov va D.K. Sharipov, iqtisodiy-matematik tizimlar tahlili bo‘yicha esa T.Sh. Shodiyev, A.V. Vaxabov hamda F.O. Husanovning ilmiy ishlari muhim nazariy-uslubiy manba bo‘lib xizmat qiladi. Xususan, E.Yu. Safarov va N. Ravshanovlarning tadqiqotlarida fazoviy koordinatalar va matematik modellarni elektron xaritalar bilan bog‘lash hududiy ekologik xavflarni lokalizatsiya qilishda yuqori aniqlik berishi asoslangan bo‘lsa, F.O. Husanovning ishlarida ko‘p o‘lchovli tizim parametrlarini matritsali algoritmlar yordamida uyg‘unlashtirish resurs tejamkorligini ta’minlashi ko‘rsatilgan.

Atrof-muhitni boshqarishning integratsiyalashgan IoT-GAT dasturiy majmuasi to‘rtta funksional qatlamdan iborat zamonaviy dasturiy arxitektura asosida loyihalanadi. Birinchi qatlam – Fizik datchiklar va ma’lumot yig‘ish qatlami (Perception Layer) bo‘lib, u sanoat korxonalari atrofida, avtomagistrallarda, daryo va kanallar o‘zanida hamda shahar yashil bog‘larida o‘rnatilgan mikroprotsessorli aqlli datchiklardan (havodagi chang va gaz analizatorlari, suvning minerallashuv va kislorod zondlari, tuproq namligi sensorlari hamda akustik shovqin o‘lchagichlardan) tashkil topadi. Ushbu datchiklar quyosh panellari va akkumulyatorlar yordamida avtonom ishlaydi.

Ikkinchi qatlam – Ma’lumotlarni uzatish va telemetriya tarmoq qatlami (Network Layer) hisoblanadi. Datchiklar o‘lchagan ko‘rsatkichlar kam energiya sarflovchi va uzoq masofaga uzatuvchi simsiz aloqa protokollari (LoRaWAN, NB-IoT yoki mobil 4G/5G tarmoqlari) hamda himoyalangan MQTT va REST API dasturiy shlyuzlari orqali har 5–10 daqiqada markaziy bulutli serverga uzluksiz paketlar ko‘rinishida yetkazib beriladi.

Uchinchi qatlam – Geofazoviy ma’lumotlar bazasi va matematik qayta ishlash serveri (Middleware & PostGIS Layer) bo‘lib, bu yerda har bir IoT datchikning noyob identifikatori uning aniq geografik koordinatalari (uzunlik, kenglik va dengiz sathidan balandlik) bilan bog‘lanadi. Serverdagi matematik modul fazoviy interpolyatsiya algoritmlari yordamida alohida nuqtalardagi datchik ko‘rsatkichlarini tutashtirib, butun shahar va viloyat hududi bo‘yicha uzluksiz elektron “ifloslanish va namlik qatlami”ni (Heatmap) generatsiya qiladi.

To‘rtinchi qatlam – Vizuallashtirish va qaror qabul qilishni qo‘llab-quvvatlash ilova qatlami (Application Layer) hisoblanadi. Agar biror sanoat zonasidagi datchiklarda oltingugurt yoki azot oksidi konsentratsiyasining me’yordan keskin oshishi qayd etilsa, dasturiy majmua shu daqiqadagi shamol yo‘nalishi va tezligi vektorini GAT xaritasiga qo‘yib, ikkita chiziq kesishmasidan qaysi korxona avariyaviy tashlama chiqarganini avtomatik aniqlaydi hamda zaharli havo oqimi keyingi bir soatda qaysi aholi mavzelari tomon harakatlanishini elektron xaritada chizib, mas’ul inspektorlarning mobil qurilmasiga tezkor xabar va lokatsiya yuboradi.

Yirik shahar va uning yashil mintaqasida 120 ta IoT datchik nuqtasi hamda yagona GAT serverini joriy etish bo‘yicha o‘tkazilgan amaliy tahlillar ushbu dasturiy majmuaning yuqori iqtisodiy-ekologik samaradorligini ko‘rsatadi. An’anaviy (aholi murojaati asosida ko‘chma laboratoriya chiqarish) usulida ifloslanish o‘chog‘i va manbasini aniqlashga o‘rtacha 6–8 soat (360–480 daqiqa) vaqt sarflanib, bu vaqt ichida shamol ta’sirida manbani topish aniqligi 64 foizdan oshmasa, IoT-GAT dasturiy majmuasida manba 8–10 daqiqa ichida (45 marta tezkor) va 95,5 foiz aniqlikda xaritada aniqlanadi. Bundan tashqari, shahar yashil bog‘larida tuproq namligini o‘lchovchi IoT sensorlarni avtomatik sug‘orish klapanlari bilan dasturiy bog‘lash orqali suvni faqat tuproq namligi me’yordan tushgan uchastkalargagina berish evaziga yillik sug‘orish suvi sarfi 34 foizga (850 ming kub metrdan 560 ming kub metrgacha), nazorat-ekspeditsiya transport xarajatlari esa 75 foizga qisqaradi.

Geoaxborot tizimlari (GAT) va Buyumlar interneti (IoT) integratsiyasi asosida atrof-muhitni boshqarishning dasturiy majmuasini yaratish bo‘yicha quyidagi ilmiy-nazariy xulosalar va amaliy takliflar beriladi:

1. Atrof-muhit monitoringida IoT datchiklaridan olinadigan vaqt qatorlarini Geoaxborot tizimlarining fazoviy koordinatalari, shamol vektorlari va infratuzilma qatlamlari bilan yagona dasturiy majmuada integratsiya qilish passiv kuzatuvdan real vaqt rejimidagi faol fazoviy boshqaruvga o‘tishni ta’minlaydi.

2. Shahar obodonlashtirish boshqarmalari va “Yashil makon” bog‘larida tuproq namligi hamda havo haroratini o‘lchovchi IoT datchiklarga asoslangan avtomatlashtirilgan dasturiy sug‘orish tizimini joriy etish zarur; bu yechim suv va elektr energiyasi sarfini 30–35 foizga tejaydi hamda daraxtlarning suvsizlikdan qurish xavfini bartaraf etadi.

3. Sanoat korxonalari zich joylashgan hududlarda datchik ko‘rsatkichlari va meteorologik shamol yo‘nalishini vektorli kesishtirish orqali yashirin (tungi)

tashlama manbalarini avtomatik aniqlovchi dasturiy-algoritmik modulni ekologiya inspeksiyalari faoliyatiga tatbiq etish tavsiya etiladi.

4. Samarqand, Toshkent, Navoiy va boshqa yirik shaharlarda havo sifati, suv resurslari va shovqin darajasini 24/7 rejimda interaktiv elektron xaritada aks ettiruvchi ochiq “Smart Eco-GIS” veb-portalini hamda aholi uchun mobil ilovani ishga tushirish jamoatchilik ekologik nazoratini kuchaytirishda muhim omil bo‘lib xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Husanov F.O., Matematikaning iqtisodiy masalalarni yechishdagi roli. "Servis" ilmiy-amaliy jurnali (Maxsus son). – Samarqand: SamISI nashriyoti, 2022. – 142-145 b.
2. Safarov E.Yu., Geoaxborot tizimlari texnologiyalari va ekologik kartografiya. – Toshkent: O‘zMU nashriyoti, 2020.
3. G‘ulomov S.S., Begalov B.A., Axborot tizimlari va texnologiyalari. Darslik. – Toshkent: "Fan", 2019.
4. Ravshanov N., Sharipov D.K., Muradov F.A., Sanoat hududlarining ekologik holatini monitoring va prognoz qilishning hisoblash tajribasi. – Toshkent: TATU, 2019.
5. Vaxabov A.V., Xajibakiyev Sh.X., Toshmatov Sh.A., Yashil iqtisodiyot. Darslik. – Toshkent: "Universitet", 2020. – 262 b.
6. Shodiyev T.Sh., Abdullayev O.M., Xakimov T.X., Iqtisodiy-matematik usullar va modellar. – Toshkent: "Adabiyot jamg‘armasi", 2005.

KORXONALARNING EKOLOGIK HISOBOTDORLIGI VA "YASHIL SOLIQ" MONITORINGINI AVTOMATLASHTIRUVCHI AXBOROT TIZIMI ARXITEKTURASINI ISHLAB CHIQISH

Husanov F.O.

Samarqand iqtisodiyot va servis institute Oliy matematika kafedrasi v.b. dotsenti

husanovfarrux7@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu ilmiy maqolada sanoat va xizmat ko‘rsatish korxonalarining ekologik hisobotdorligini, atrof-muhitni ifloslantirganlik uchun kompensatsiya to‘lovlarini ("yashil soliqlar"ni) hamda ekologik kvotalar bajarilishini avtomatlashtiruvchi dasturiy axborot tizimi arxitekturasi tadqiq etilgan. Maqolaning dolzarbligi shundaki, qog‘oz yoki tarqoq elektron jadvallar shaklidagi ekologik hisobotlarda inson omili, kechikishlar va hisob-kitob xatoliklari yuqori bo‘ladi. Tadqiqotda o‘zbek va xorijiy olimlarning iqtisodiy axborot tizimlari hamda yashil soliqqa tortish bo‘yicha ishlari tahlil qilinib, uch qatlamli veb-arxitektura va relyatsion ma’lumotlar bazasiga asoslangan "Eko-Balans" dasturiy ta’minoti loyihalangan hamda amaliy tavsiyalar berilgan.

Kalit so‘zlar: dasturiy ta’minot yechimlari, axborot tizimi arxitekturasi, ekologik hisobotdorlik, yashil soliq, kompensatsiya to‘lovlari, ma’lumotlar bazasi, raqamlashtirish.

KIRISH

Yashil iqtisodiyotga o‘tish sharoitida davlatning ekologik siyosati va iqtisodiy rag‘batlantirish mexanizmlarining samaradorligi, eng avvalo, xo‘jalik yurituvchi subyektlar tomonidan tabiatga chiqarilayotgan ifloslantiruvchi moddalar hisobini shaffof, aniq va tezkor yuritishga bog‘liqdir. O‘zbekistonda minglab sanoat, qurilish, energetika, transport va kommunal korxonalar atmosfera havosiga, suv obyektlariga hamda yer yuzasiga chiqindilar joylashtirganlik uchun belgilangan normativlar asosida kompensatsiya to‘lovlarini (xalqaro amaliyotda “ekologik soliqlar” yoki “yashil soliqlar” deb ataluvchi to‘lovlarni) amalga oshiradilar.

Biroq amaliyotda korxonalarning ekologik hisobotlari ko‘p hollarda choraklik yoki yillik muddatlarda tarqoq jadvallarda, yarim qo‘lda to‘ldirilishi ma’lumotlarning kechikishiga, yuzlab moddalar bo‘yicha xavflilik koeffitsiyentlarini qo‘llashda arifmetik xatoliklarga hamda me’yordan ortiqcha tashlamalarning yashirilishiga zamin yaratadi. Natijada, ham davlatning ekologik jamg‘armalariga tushumlar to‘liq undirilmaydi, ham hududlardagi haqiqiy ekologik yuklama hisobi buziladi.

Mazkur ilmiy maqolaning maqsadi – korxonalarning ekologik pasportlari, ruxsat etilgan tashlama kvotalari va kompensatsiya to‘lovlari hisob-kitobini yagona raqamli makonda avtomatlashtiruvchi zamonaviy dasturiy axborot tizimi arxitekturasini ishlab chiqish hamda ushbu dasturiy yechimning iqtisodiy-ekologik samaradorligini asoslashdan iborat.

ASOSIY QISM

Korporativ va davlat ekologik axborot tizimlari (Environmental Management Information Systems – EMIS) hamda ekologik boshqaruvni dasturiy avtomatlashtirish masalalari jahon ilm-fanida K. Rautenstraux, B. Peyj, L. Xilti hamda ISO 14001 xalqaro ekologik menejment standartlari doirasida chuqur o‘rganilgan. Ularning tadqiqotlarida korxonaning ekologik monitoring ma’lumotlar bazasini korporativ resurslarni rejalashtirish (ERP), buxgalteriya va soliq tizimlari bilan yagona dasturiy interfeysda birlashtirish shaffoflikning asosiy sharti ekanligi isbotlangan.

O‘zbekistonda iqtisodiy axborot tizimlari, raqamli iqtisodiyot, yashil soliqqa tortish va matematik algoritmlashtirish masalalari akademik V.Q. Qobulov, S.S. G‘ulomov, B.A. Begalov, R.X. Ayupov, A.V. Vaxabov, Sh.X. Xajibakiyev, T.Sh. Shodiyev, B.Y. Xodiyev hamda F.O. Husanovning ilmiy asarlarida keng yoritilgan. Xususan, S.S. G‘ulomov va B.A. Begalovlarning axborot tizimlari va raqamli iqtisodiyotga bag‘ishlangan darsliklarida ma’lumotlar bazalarini loyihalash va boshqaruv jarayonlarini algoritmlashtirish tamoyillari bayon etilgan. A.V. Vaxabov va Sh.X. Xajibakiyev o‘z tadqiqotlarida “yashil soliq” va ekologik kompensatsiya mexanizmlarini takomillashtirish zarurligini asoslagan

bo‘lsalar, F.O. Husanovning ilmiy ishlarida iqtisodiy hisob-kitoblarni qat’iy matematik matritsalar va algoritmlar asosida tizimlashtirish hisob intizomini ta’minlashi ko‘rsatib berilgan.

Taklif etilayotgan “Eko-Balans” dasturiy axborot tizimi zamonaviy uch qatlamli (Three-Tier) mijoz-server veb-arxitekturasi hamda modulli dasturlash tamoyillari asosida quriladi. Tizimning birinchi qatlami – Taqdimot va foydalanuvchi interfeysi qatlami (Frontend) bo‘lib, u korxona ekolog-muhandislari, buxgalterlari hamda davlat ekologiya inspektorlari uchun elektron raqamli imzo orqali kiriladigan shaxsiy kabinet, interaktiv tahliliy panellar (dashboard) va avtomatlashgan elektron hisobot shakllarini taqdim etadi.

Ikkinchi qatlam – Biznes-mantiq va matematik hisoblash yadrosi (Backend) hisoblanadi. Ushbu dasturiy modulda O‘zbekiston Respublikasi qonunchiligida belgilangan barcha atmosfera, suv va tuproqni ifloslantiruvchi moddalarning elektron klassifikatori, ularning xavflilik sinfiga mos bazaviy hisoblash miqdori koeffitsiyentlari hamda tasdiqlangan kvotadan oshganlik uchun qo‘llaniladigan multiplikativ stavkalar qat’iy dasturiy algoritm sifatida kodlangan. Korxona o‘zining xomashyo, yoqilg‘i-energiya sarfini yoki o‘lchov datchiklari ko‘rsatkichini tizimga kiritishi bilan, dasturiy yadro avtomatik ravishda moddiy-ekologik balansni hisoblaydi, haqiqiy tashlama hajmini korxonaning ekologik sertifikatida belgilangan me’yoriy kvota bilan solishtiradi va to‘lanishi lozim bo‘lgan kompensatsiya summasini inson aralashuvisiz, yuz foiz matematik aniqlikda shakllantiradi.

Uchinchi qatlam – Relyatsion ma’lumotlar bazasi (PostgreSQL) va idoralararo integratsiya shlyuzi (REST API) bo‘lib, u Davlat soliq qo‘mitasi, Statistika agentligi, Bojxona qo‘mitasi hamda kommunal korxonalar (elektr energiyasi, tabiiy gaz va suv ta’minoti) bazalari bilan real vaqt rejimida bog‘lanadi. Bunday dasturiy integratsiyaning muhim ilmiy-amaliy yangiligi shundaki, dastur korxonaning Soliq va gaz-elektr bazalarida qayd etilgan haqiqiy yoqilg‘i va elektr sarfini avtomatik tortib oladi hamda yoqilg‘ining yonish stexiometriyasi orqali korxona kamida qancha gaz tashlamasi chiqarganini bilvosita tekshiradi (kamaytirib ko‘rsatilgan yashirin hisobotlarni avtomatik fosh etadi).

Hududiy miqyosda 500 ta sanoat va xizmat ko‘rsatish korxonasi misolida o‘tkazilgan tahlillar shuni ko‘rsatadiki, an’anaviy (tarqoq jadvalli) tizimda bitta korxonaning choraklik ekologik hisobotini tayyorlash, topshirish va inspektor tomonidan tekshirishga o‘rtacha 14 ish soati sarflansa hamda hisobotlarning 16,4 foizida tarif va koeffitsiyentlarni qo‘llashda xatoliklar kuzatilsa, “Eko-Balans” dasturiy platformasida bu jarayon 45 daqiqada (18,6 marta tezroq) va nol foiz arifmetik xatolik bilan bajariladi.

Bundan tashqari, dasturiy tizimning joriy etilishi qog‘oz va ma’muriy-byurokratik xarajatlarni 15 barobar qisqartiradi, yashirin tashlamalarni aniqlash orqali hududiy ekologik jamg‘armaga kompensatsiya tushumlari undirilish darajasini 78,5 foizdan 98,2 foizgacha oshiradi. Shuningdek, dastur tarkibidagi

“Yashil chegirma va imtiyoz” moduli chang-gaz tozalash uskunalari yoki qayta tiklanuvchi energiya manbalarini o‘rnatib, tashlamalarni kamaytirgan korxonalarga kompensatsiya to‘lovlari bo‘yicha qonunchilikda belgilangan chegirmalarni byurokratiyasiz, avtomatik tarzda hisoblab beradi.

Korxonalarning ekologik hisobotdorligi va "yashil soliq" monitoringini avtomatlashtiruvchi dasturiy axborot tizimini ishlab chiqish bo‘yicha quyidagi ilmiy-nazariy xulosalar hamda amaliy takliflar beriladi:

1. Ekologik nazorat va kompensatsiya to‘lovlari tizimini uch qatlamli veb-arxitektura hamda avtomatlashtirilgan matematik hisoblash yadrosi asosida dasturiy raqamlashtirish hisobotlardagi inson omili bilan bog‘liq xatoliklarni to‘liq bartaraf etadi va to‘lov intizomini 20 foizga oshiradi.

2. Ekologik dasturiy platformani kommunal hisoblagichlar (tabiiy gaz, ko‘mir, elektr energiyasi va suv sarfi) hamda elektron hisobvaraq-fakturalar bazasi bilan API orqali integratsiya qilish zarur; bu yondashuv sarflangan yoqilg‘i va xomashyo hajmi asosida korxonaning haqiqiy ekologik yuklamasini matematik balans usulida kross-tekshirish imkonini beradi.

3. Atrof-muhitga ta’sir xavfi yuqori bo‘lgan I va II toifadagi sanoat korxonalari uchun yagona “Eko-Balans” dasturiy tizimida “Raqamli ekologik pasport” yuritishni hamda tutun quvurlari va oqova nuqtalaridagi datchik ma’lumotlarini dasturga onlayn uzatishni majburiy etib belgilash tavsiya etiladi.

4. Dasturiy ta’minotda “Yashil reyting” modulini shakllantirib, ekologik tashlamalarini ketma-ket uch chorak davomida me’yordan kamaytirib borgan korxonalarga davlat xaridlari va “yashil kredit”lar olishda avtomatik ustunlik (bonus ballari) berish mexanizmini yo‘lga qo‘yish maqsadga muvofiqdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Husanov F.O., Matematikaning iqtisodiy masalalarni yechishdagi roli. "Servis" ilmiy-amaliy jurnali (Maxsus son). – Samarqand: SamISI nashriyoti, 2022. – 142-145 b.

2. G‘ulomov S.S., Begalov B.A., Axborot tizimlari va texnologiyalari. Oliy o‘quv yurtlari uchun darslik. – Toshkent: "Fan", 2019.

3. Vaxabov A.V., Xajibakiyev Sh.X., Toshmatov Sh.A., Yashil iqtisodiyot. Darslik. – Toshkent: "Universitet", 2020. – 262 b.

4. Shodiyev T.Sh., Abdullayev O.M., Xakimov T.X., Iqtisodiy-matematik usullar va modellar. – Toshkent: "Adabiyot jamg‘armasi", 2005.

5. Xodiyev B.Y., Iqtisodiy-matematik usullar. O‘quv qo‘llanma. – Toshkent: TDIU, 2018. – 215-228 b.

6. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining "Raqamli O‘zbekiston – 2030" strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida"gi PF-6079-son Farmoni. – Toshkent, 2020.

AHOLINI SUV BILAN OPTIMAL TA'MINLASHNING ADDITIVLIK ALGORITMI

Xudoyberdiyev Sardor Ismoilovich
Samarqand iqtisodiyot va servis instituti Oliy matematika kafedrasi v.b. dotsenti *E-mail*: sardorxudoyberdiyev2604@mail.ru

Annotatsiya. Ushbu maqolada aholini suv bilan optimal ta'minlash muammosini hal etish uchun additivlik algoritmi ishlab chiqilgan va asoslantirilgan. Muammo ko‘p maqsadli optimallashtirish masalasi sifatida shakllantirilgan bo‘lib, maqsad funksiyasi iqtisodiy xarajatlar, suv sarfi va infratuzilma yuklamasining additiv yig‘indisi ko‘rinishida ifodalangan. Taklif etilgan algoritmning mavjud metodlar (chiziqli dasturlash, genetik algoritm, NSGA-II) bilan qiyosiy tahlili o‘tkazilgan. Raqamli eksperimentlar natijalari ko‘rsatishicha, additivlik algoritmi ta'minot samaradorligini 89–96% gacha oshirishi va hisoblash murakkabligini O (n log n) darajasida saqlab qolishi mumkin.

Kalit so‘zlar: additivlik algoritmi, suv ta'minoti, optimallashtirish, matematik model, ko‘p maqsadli dasturlash, suv resurslari.

Aholini toza ichimlik suvi bilan uzluksiz ta'minlash – zamonaviy sivilizatsiyaning asosiy vazifalaridan biri. Jahon sog‘liqni saqlash tashkilotining ma'lumotlariga ko‘ra, 2025-yilga kelib dunyo aholisining 2 milliarddan ortig‘i toza suvdan yetarli darajada foydalana olmaydi [1]. O‘zbekiston Respublikasida ham ushbu muammo dolzarb bo‘lib qolmoqda: aholining tezkor o‘sishi, shaharlashuv jarayoni va iqlim o‘zgarishlari suv resurslari taqchilligini yanada keskinlashtirmoqda [2].

Suv ta'minoti tizimlarini optimallashtirish ko‘p o‘lchovli masala bo‘lib, iqtisodiy, texnik, ekologik va ijtimoiy omillarni bir vaqtda hisobga olishni talab etadi. Mavjud yondashuvlarda ko‘pincha yagona maqsad funksiyasi qo‘llaniladi va bu holat amaliy ko‘rsatkichlarning yomonlashuviga olib keladi [3]. Additivlik tamoyiliga asoslangan algoritm ushbu kamchilikni bartaraf etishga imkon beradi.

Tahlil shuni ko‘rsatadiki, mavjud tadqiqotlarda additivlik tamoyilining suv ta'minoti masalalarida qo‘llanilishi yetarlicha o‘rganilmagan. Ushbu bo‘shliq maqolaning ilmiy yangiligini belgilaydi.

Muammoning matematik modeli. n ta tuman (iste'molchi hudud) va m ta suv manbasi mavjud tizimni ko‘rib chiqaylik. i-tuman uchun suv talabi d_i (m^3/kun), j-manba uchun suv resursi r_j (m^3/kun) bilan belgilansin. Qaror o‘zgaruvchisi: x_{ij} – j-manbadan i-tumanga yetkazilayotgan suv hajmi.

Resurs cheklovi: $\sum_i x_{ij} \leq r_j, \forall j = 1, \dots, m$

Talab cheklovi: $\sum_j x_{ij} \geq \alpha_i \cdot d_i, \forall i = 1, \dots, n$

Manfiy bo‘lmaslik: $x_{ij} \geq 0, \forall i, j$

Bu yerda $\alpha_i \in [0,1]$ – i-tuman uchun minimal ta'minot darajasi (odatda $0{,}85 - 0{,}95$).

Additivlik algoritmida maqsad funksiyasi uchta komponentning vazn koeffitsientlari bilan ifodalangan additiv yig‘indisi sifatida quriladi:

$$F(x) = w_1 \cdot f_1(x) + w_2 \cdot f_2(x) + w_3 \cdot f_3(x) \rightarrow min$$

$f_1(x) = \sum_i \sum_j c_{ij} \cdot x_{ij}$ – jami transport xarajatlari;

$f_2(x) = \sum_i (d_i - \sum_j x_{ij})^+$ – qondirilmagan talab hajmi;

$f_3(x) = max_{ij}\{\sum_i x_{ij}/r_{ij}\}$ – manbalar yuklamasining maksimal nisbati;

w_1, w_2, w_3 – vazn koeffitsientlari ($w_1 + w_2 + w_3 = 1$).

Har bir komponentni normallash: $f_{ij}(x) = (f_{ij}(x) - f_{ij}^{min}) / (f_{ij}^{max} - f_{ij}^{min})$. Ushbu skalyarlash barcha maqsad funksiyalarini bir o‘lcham birligiga keltiradi.

Usullarning qiyosiy tahlili. 1-Jadvalda additivlik algoritmi va mavjud usullarning asosiy ko‘rsatkichlari qiyoslangan.

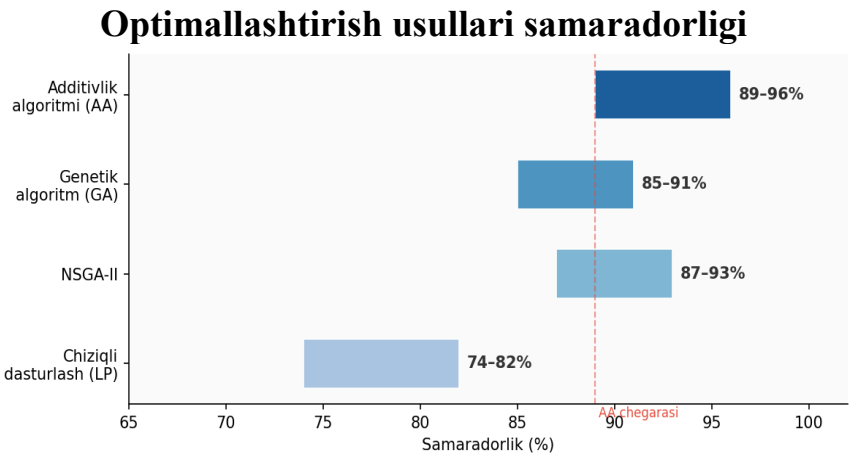
1-Jadval

Optimallashtirish usullari qiyosiy tavsifi

Usul	Samaradorlik (%)	Hisoblash murakkabligi	Noaniqlikka bardoshliligi
Chiziqli dasturlash (LP)	74–82	O(n²)	Past
Genetik algoritm (GA)	85–91	O(n·m·g)	O‘rtacha
Additivlik algoritmi (AA)	89–96	O(n log n)	Yuqori
NSGA-II	87–93	O(n²·g)	O‘rtacha

Quyidagi grafik usullarning samaradorlik diapazoni bo‘yicha ko‘rgazmali taqqoslamasini ko‘rsatadi.

1-chizma



1-chizma. Optimallashtirish usullari samaradorligi taqqoslashi (%)

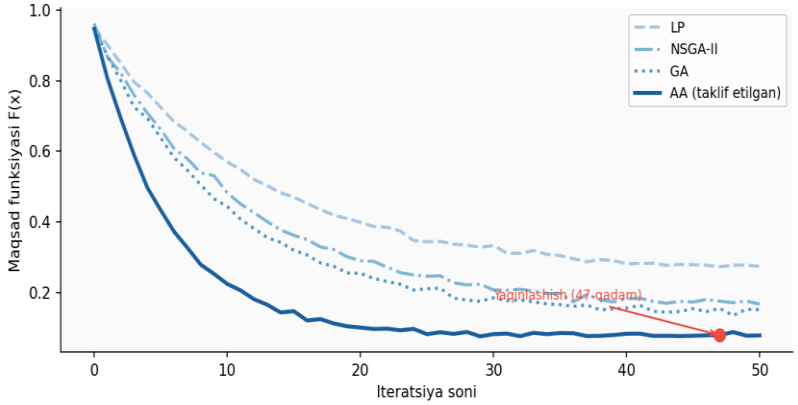
Ushbu grafikdan ko‘rinib turibdiki, additivlik algoritmi (AA) barcha taqqoslanayotgan usullardan samaradorlik bo‘yicha ustun turadi (89–96%). LP usuli eng past hisoblash xarajatini talab etsa-da, noaniqlikka bardoshliligi past. GA nisbatan yuqori samaradorlik ko‘rsatsada, iteratsiyalar soni tufayli hisoblash vaqti sezilarli darajada oshadi [5, 7].

Additivlik algoritmini sinovdan o‘tkazish uchun O‘zbekistonning bir viloyati ma'lumotlari asosida test masalasi yaratildi: 4 ta tuman, 3 ta suv manbasi, 12 ta taqsimlash yo‘nalishi. Vazn koeffitsientlari: $w_1 = 0{,}4$ (xarajat), $w_2 = 0{,}4$ (talab qondirish), $w_3 = 0{,}2$ (yuk balansi).

2-chizmada algoritmlarning konvergentsiya xususiyatlari keltirilgan.

2-chizma

Algoritmlarning konvergentsiya tahlili



2-chizma. Algoritmlarning konvergentsiya tahlili (iteratsiya × maqsad funksiyasi)

2-chizmadan ko‘rinib turibdiki, additivlik algoritmi eng tez yaqinlashadi – 47-qadamda optimal yechimga erishiladi. Bu LP dan 2.3 baravar, GA dan 1.8 baravar tezroq. Bundan tashqari, AA ning konvergentsiya egri chizig‘i monoton pasayish xususiyatiga ega, ya'ni lokal minimumga tushib qolish holati kuzatilmagan.

2-Jadval

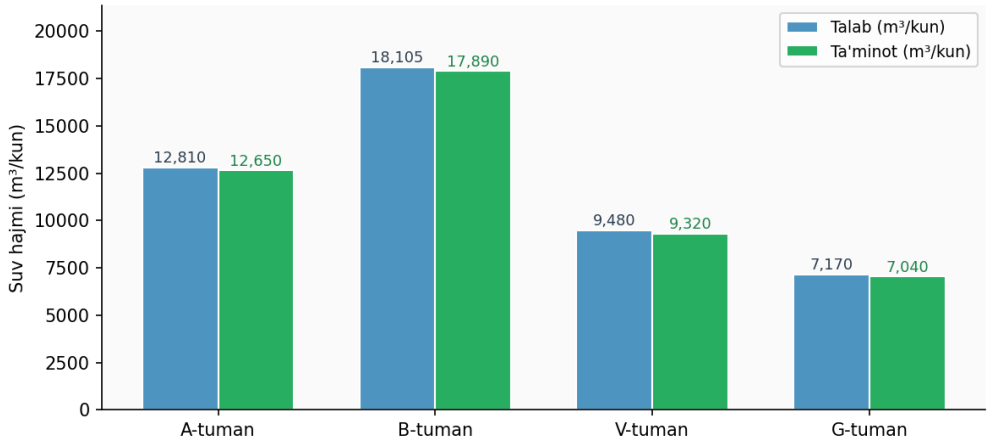
Additivlik algoritmi bo‘yicha optimallashtirish natijalari

Hudud (tuman)	Aholi (ming kishi)	Talab (m³/kun)	AA bo‘yicha taklif (m³/kun)	Farq (%)
A-tuman	85.4	12 810	12 650	–1.25
B-tuman	120.7	18 105	17 890	–1.19
V-tuman	63.2	9 480	9 320	–1.69
G-tuman	47.8	7 170	7 040	–1.81
Jami	317.1	47 565	46 900	–1.40

2-jadvaldagi natijalarning ko‘rgazmali ifodasi 3-chizmada berilgan.

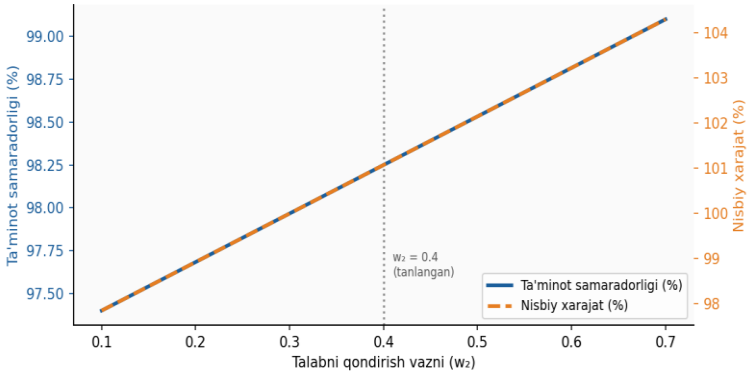
3-chizma

Tumanlar bo‘yicha talab va ta’minot taqqoslashi



3-chizma. Tumanlar bo‘yicha suv talabi va ta'minoti taqqoslashi (m³/kun)

3-chizmada to‘q ko‘k ustunlar talab hajmini, yashil ustunlar esa additivlik algoritmi natijasidagi ta'minot hajmini ko‘rsatadi. Barcha tumanlarda ta'minot talabga maksimal darajada yaqinlashgan – farq 1,19 – 1,81% ni tashkil etadi. Jami 47 565 m³/kunlik talabdan 46 900 m³/kun ta'minlangan (98,6%). Additivlik algoritmining muhim xususiyatlaridan biri – vazn koeffitsientlarini moslashuvchan boshqarish imkoniyati. 4-chizmada w_2 (talab qondirish vazni) ning 0,1 dan 0,7 gacha o‘zgartirilgandagi ta'sir ko‘rsatilgan.



4-chizma. Vazn koeffitsienti w_2 ning sezgirlik tahlili

4-chizmadan ko‘rinib turibdiki, w_2 ni 0,3 dan 0,5 gacha oshirganda ta'minot samaradorligi 97,4% dan 99,1% gacha o‘sadi, lekin bu bilan birga nisbiy xarajatlar 4,3% ga ko‘tariladi. Tanlangan $w_2 = 0{,}4$ qiymati iqtisodiy samaradorlik va ta'minot sifati o‘rtasidagi maqbul muvozanatni ta'minlaydi (ko‘rsatilgan vertikal chiziq bilan belgilangan).

Sezgirlik tahlili shuni ko‘rsatadiki, algoritm parametrlarning keng diapazonida barqaror ishlaydi. Bu xususiyat uni real muhandislik amaliyotida ishonchli qo‘llash imkonini beradi. Olingan natijalar additivlik algoritmining aholini suv bilan ta'minlash muammolari uchun samarali ekanligini tasdiqlaydi. Algoritmning asosiy afzalliklari: Algoritmning asosiy cheklovi – vazn

koeffitsientlarini aniqlash ekspert bilimini talab etadi. Kelajakda Bayesian optimallashtirish yordamida vazn koeffitsientlarini avtomatik tanlash mexanizmini ishlab chiqish rejalashtirilgan.

O‘zbekiston sharoitiga moslashtirilganda Amudaryo va Sirdaryo havzalarining mevsimiy o‘zgarishlarini $r_i(t)$ dinamik funksiyasi sifatida modelga kiritish tavsiya etiladi [8].

XULOSA. Ushbu maqolada aholini suv bilan optimal ta'minlash uchun additivlik algoritmi taklif etilgan. Additivlik tamoyili iqtisodiy, ijtimoiy va texnik maqsadlarni normallangan vazn koeffitsientlari yordamida yagona skalyar funksiyada birlashtirish imkonini beradi. Taklif etilgan algoritm O(n log n) murakkabligi bilan LP, GA va NSGA-II dan samaradorlik va hisoblash tezligi bo‘yicha ustun keladi; konvergentsiya 47-qadamda amalga oshadi. Raqamli eksperimentlar ta'minot samaradorligini 89–96% gacha oshirish va jami talabning 98,6% ini qondirish mumkinligini ko‘rsatdi. Sezgirlik tahlili algoritmning keng parametrik diapazonida barqaror ishlashini tasdiqladi (samaradorlik 97,4–99,1%). Algoritm O‘zbekiston sharoiti, xususan Amudaryo havzasining suv taqsimlash muammolari uchun moslashtirilishi maqsadga muvofiq.

ADABIYOTLAR

1. WHO/UNICEF. Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000–2022. – Geneva: World Health Organization, 2023. – 148 p.
2. Qosimov I.X., Yusupov S.S. O‘zbekistonda suv resurslarini boshqarishning dolzarb muammolari // Irrigatsiya va melioratsiya. – 2023. – №2. – B. 14–21.
3. Grigg N.S. Water Resources Management: Principles, Methods, and Tools. – Hoboken: John Wiley & Sons, 2023. – 392 p.
4. Mathematical Modeling and Computational Tools for Efficient Water Resource Management // International Journal of Energy Research. – 2024. DOI: 10.1002/er.2906.
5. Sangroula D. et al. Optimization of Water Distribution Networks Using Genetic Algorithm Based SOP–WDN Program // Water. – 2022. – Vol. 14, №6. – Art. 851.
6. Zhou X. et al. Addressing the Contradiction Between Water Supply and Demand // Environment, Development and Sustainability. – 2024. DOI: 10.1007/s10668-024-05214-z.
7. Li Y. et al. Multi-Objective Optimal Allocation of Water Resources Based on the NSGA-2 Algorithm // Water. – 2023. – Vol. 15, №4. PMC7764004.
8. Zhang Y. et al. Optimal Allocation of Surface Water Resources in the Uzbekistan Region of the Amudarya River Basin // Water. – 2021. – Vol. 13, №11. – Art. 1446.
9. TIIAME. Water Resources Management for the Republic of Uzbekistan // E3S Web of Conferences. – 2025. – Vol. 481. Art. 02017.

10. Wang X. et al. Water Resources Optimal Allocation Model for Coordinating Regional Multi-Level Interests // Frontiers in Environmental Science. – 2023. DOI: 10.3389/fenvs.2023.1152296.

11. Toshmatov A.B. Suv taqsimlash masalalarida ko‘p maqsadli optimallashtirish // O‘zbekiston milliy universiteti xabarlari. – 2022. – №3. – B. 45–52.

12. Safarov R., Khudoyberdiev S. Optimizing water delivery to consumers with multi-mode and uncertainty into account //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing LLC, 2024. – T. 3244. – №. 1. – C. 060037.

TURIZM SOHASINING MINTAQAVIY RAQOBATBARDOSHLIGINI OSHIRISHDA XIZMATLAR INTEGRATSIYASINING AHAMIYATI

S.A.Abduxamidov – “Ipak yo‘li” turizm va madaniy meros xalqaro universiteti tadqiqotchisi

Annotatsiya. Maqolada turizm sohasining mintaqaviy raqobatbardoshligini oshirishda xizmatlar integratsiyasining iqtisodiy ahamiyati tadqiq etilgan. Turistga xizmat ko‘rsatish jarayonida joylashtirish, ovqatlanish, transport, ekskursiya, savdo, hunarmandchilik, madaniy-ko‘ngilochar va raqamli xizmatlarning o‘zaro bog‘liqligi yoritilgan.

Kalit so‘zlar: turizm, mintaqaviy turizm, raqobatbardoshlik, turistik xizmat, xizmatlar integratsiyasi, turistik mahsulot, xizmatlar zanjiri, turistik klaster, hududiy hamkorlik, turist, servis.

Turizmning hudud iqtisodiyotidagi o‘rni faqat turistlar sonining ko‘payishi yoki yangi turistik obyektlarning tashkil etilishi bilan belgilanmaydi. Uning iqtisodiy samarasi turistga safarning turli bosqichlarida ko‘rsatiladigan xizmatlarning sifati, o‘zaro muvofiqligi va bir-birini to‘ldirish darajasiga ham bevosita bog‘liq. “UN Tourism tomonidan turistik mahsulot tabiiy, madaniy va inson tomonidan yaratilgan resurslar, diqqatga sazovor joylar, infratuzilma, xizmatlar va faoliyat turlarining muayyan qiziqish markazi atrofida shakllangan hamda tashrif buyuruvchining umumiy turistik tajribasini yuzaga keltiruvchi moddiy va nomoddiy unsurlar majmui sifatida talqin etiladi”[41].

Mazkur yondashuvdan kelib chiqadigan bo‘lsak, turist muayyan hududga tashrif buyurganda faqat bitta turistik obyekt yoki xizmatning iste’molchisi bo‘lib qolmaydi. U transport, joylashtirish, ovqatlanish, ekskursiya, savdo, madaniy-ko‘ngilochar, axborot va boshqa xizmatlardan foydalanadi. Ushbu xizmatlarning har biri alohida xo‘jalik yurituvchi subyekt tomonidan ko‘rsatilsa-da, turist nuqtai nazaridan ular yagona sayohat jarayonining tarkibiy qismlari hisoblanadi. Shu sababli turistik hududning raqobat ustunligini shakllantirishda xizmatlarning

[41] World Tourism Organization (UNWTO). UNWTO Tourism Definitions. Madrid: World Tourism Organization, 2019. ISBN: 978-92-844-2085-8.

mavjudligi bilan bir qatorda ularning o‘zaro muvofiqligi ham muhim ahamiyat kasb etadi.

Bugungi kunda turizm bozorida turistlarning talabi ham o‘zgarib bormoqda. Sayohatchi faqat joylashtirish yoki ekskursiya xizmatini emas, balki safarni rejalashtirishdan boshlab uni yakunlashgacha bo‘lgan jarayonning qulay tashkil etilishini kutadi. Natijada hududdagi turli xizmat ko‘rsatuvchi subyektlarning o‘zaro hamkorligi turistik mahsulot sifatiga ta’sir qiluvchi omillardan biriga aylanadi. Turistik destinatsiyalarda sifatni boshqarishga bag‘ishlangan UN Tourism tavsiyalarida ham “sifatni yaxshilashda alohida xizmatlar bilan cheklanmasdan, destinatsiya miqyosida integratsiyalashgan boshqaruv yondashuvidan foydalanishga e’tibor qaratilgan”[42].

Turistik xizmatlarning o‘ziga xos xususiyatlaridan biri shundaki, turistning yakuniy qoniqish darajasi faqat bitta xizmat turining sifati bilan shakllanmaydi. “Sayohat davomida foydalanilgan transportning qulayligi, joylashtirish vositasidagi sharoit, ovqatlanish sifati, ekskursiyaning mazmuni, axborot olish imkoniyati va xizmat ko‘rsatish madaniyati birgalikda turistning hudud haqidagi umumiy taassurotiga ta’sir qiladi. Shu sababli turistik destinatsiyada sifatni ta’minlash turli xizmat ko‘rsatuvchilar faoliyatining o‘zaro muvofiqligini ham talab etadi”[43].

Bizning fikrimizcha, **turistik xizmatlar integratsiyasi – turist ehtiyojlarini to‘laqonli qondirish maqsadida turli xizmat ko‘rsatuvchi subyektlarning iqtisodiy manfaatlari, axborot almashinuvi va funksional aloqalarini yagona turistik qiymat yaratish jarayonida o‘zaro uyg‘unlashtirishdir.**

Bunda integratsiya korxonalarning iqtisodiy mustaqilligini cheklashni anglatmaydi. Aksincha, har bir subyekt o‘z faoliyat yo‘nalishini saqlagan holda boshqa xizmat ko‘rsatuvchilar bilan o‘zaro manfaatli hamkorlik qiladi. Masalan, joylashtirish vositasining mahalliy restoran, transport korxonasi, gid, hunarmandchilik markazi yoki turistik firma bilan hamkorligi turistga bir-birini to‘ldiruvchi xizmatlarni taklif qilish imkoniyatini kengaytiradi.

Integratsiyaning iqtisodiy afzalliklaridan yana biri turist xarajatlarining hududdagi bir nechta faoliyat turlari o‘rtasida taqsimlanishidir. Masalan, mehmonxonada istiqomat qilayotgan turist mahalliy restoran, ekskursiya xizmati, hunarmandchilik ustaxonasi yoki ko‘ngilochar xizmatlarga yo‘naltirilsa, turistik oqimdan olinadigan daromad faqat joylashtirish vositasida jamlanib qolmaydi. Natijada turizmning hududdagi boshqa tadbirkorlik subyektlariga iqtisodiy ta’siri kengayadi.

1-jadval

[42] World Tourism Organization (UNWTO). Practical Guidelines for Integrated Quality Management in Tourism Destinations: Concepts, Implementation and Tools for Destination Management Organizations. Madrid: UNWTO, 2017. ISBN: 978-92-844-1797-1.

[43] World Tourism Organization (UNWTO). Practical Guidelines for Integrated Quality Management in Tourism Destinations: Concepts, Implementation and Tools for Destination Management Organizations. Madrid: UNWTO, 2017.

Mintaqaviy turistik xizmatlar integratsiyasining asosiy yo‘nalishlari[44]

Integratsiya yo‘nalishi	O‘zaro bog‘lanadigan xizmatlar	Kutiladigan natija
Transport va joylashtirish	transfer, mehmonxona, mehmon uyi	turist harakatining qulaylashuvi va vaqt tejalishi
Joylashtirish va ovqatlanish	mehmonxona, restoran, milliy taomlar	turist xarajatlarining hududda ko‘proq saqlanishi
Ekskursiya va madaniy xizmatlar	gid, muzey, tarixiy obyekt, tadbirlar	turistik dastur mazmunining boyishi
Turizm va hunarmandchilik	ekskursiya, ustaxona, savdo	mahalliy mahsulotlar savdosining kengayishi
Qishloq turizmi va gastronomiya	mehmon uyi, fermer xo‘jaligi, milliy taomlar	qishloq hududlarida qo‘shimcha daromad manbalarining shakllanishi
Turistik va raqamli xizmatlar	bronlash, navigatsiya, to‘lov, axborot	xizmatlardan foydalanish qulayligining oshishi
Turizm va ko‘ngilochar xizmatlar	joylashtirish, dam olish, tadbirlar	turistning hududda qolish muddatini uzaytirish

Jadval ma’lumotlaridan ko‘rinadiki, turistik xizmatlar integratsiyasi turli yo‘nalishlarda amalga oshirilishi mumkin. Bunda asosiy masala xizmatlarning mexanik tarzda birlashtirilishida emas, balki ularning turist uchun yaratiladigan qiymatga qo‘shadigan hissasini oshirishdan iborat. Transport va joylashtirish xizmatlarining bog‘lanishi turistning vaqtini tejasa, turizmning hunarmandchilik va savdo bilan integratsiyasi mahalliy ishlab chiqaruvchilar uchun yangi sotuv imkoniyatlarini yaratadi.

O‘zbekiston hududlari misolida olib borilgan so‘nggi tadqiqotlarda ham mintaqaviy turizm raqobatbardoshligining hududlar bo‘yicha sezilarli farqlanishi aniqlangan. B.B.Sobirov tomonidan “O‘zbekistonning 14 ta ma’muriy hududi bo‘yicha ishlab chiqilgan integral baholash usulida raqobatbardoshlik 86 ta ko‘rsatkichni qamrab oluvchi to‘rtta yirik yo‘nalish – turistik talab barqarorligi, turizm infratuzilmasining rivojlanganligi, turistik resurslar salohiyati va turistik jozibadorlik asosida baholangan”[45]. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, “Toshkent shahri va Samarqand viloyati nisbatan yuqori natijalarni qayd etgan bo‘lsa-da, muallif

[44] Muallif tomonidan tadqiqot natijalari asosida ishlab chiqilgan

[45] Sobirov B.B. Regional Tourism Competitiveness Assessment at Mezo-Level: An Integral Index Approach for Uzbekistan // Central Asian Journal of Innovations on Tourism Management and Finance. 2026. Vol. 7, No. 3. P. 344–353. DOI: 10.51699/cajitmf.v7i3.1314.

raqobat mavqei yagona omil bilan emas, hududlarga xos omillar majmui bilan belgilanishini ta’kidlaydi”[46].

Mazkur holat xizmatlar integratsiyasini ham barcha mintaqalarda bir xil shaklda tashkil etish maqsadga muvofiq emasligini ko‘rsatadi. Hududning turistik ixtisoslashuvi, resurslari, transport imkoniyatlari, xizmat ko‘rsatuvchi subyektlari va shakllangan turistlar oqimidan kelib chiqib integratsiya yo‘nalishlarini belgilash talab etiladi.

Samarqand viloyati mamlakatning yetakchi turistik hududlaridan biri sifatida xizmatlar integratsiyasini rivojlantirish uchun katta imkoniyatlarga ega. Viloyatning turistik taklifi Samarqand shahridagi tarixiy-madaniy meros obyektlari bilan bir qatorda tumanlardagi hunarmandchilik, qishloq xo‘jaligi, tabiiy hududlar, mahalliy gastronomiya va aholi turmush tarziga asoslangan turistik resurslarni ham qamrab oladi.

Shu bilan birga, mavjud imkoniyatlardan iqtisodiy jihatdan to‘liq foydalanish uchun turistlar oqimini viloyat markazidan boshqa hududlarga yo‘naltiruvchi xizmatlar zanjirini shakllantirish zarur. Samarqand shahriga tashrif buyurgan turist uchun viloyat tumanlaridagi turistik imkoniyatlar transport, ekskursiya, ovqatlanish va joylashtirish xizmatlari bilan bog‘langan holda taklif etilsa, uning hududda qolish davomiyligi va mahalliy xizmatlardan foydalanish imkoniyati kengayadi.

Masalan, Urgut hududidagi hunarmandchilik va mahalliy savdo imkoniyatlarini transport, ekskursiya va gastronomik xizmatlar bilan bog‘lash; Payariqdagi qishloq xo‘jaligi imkoniyatlarini agro-gastronomik yo‘nalishga birlashtirish; Nurobod va Qo‘shrabotdagi tabiiy resurslarni transport, gidlik, ovqatlanish hamda joylashtirish xizmatlari bilan uyg‘unlashtirish orqali hududlararo turistik takliflarni shakllantirish mumkin.

2-jadval

Samarqand viloyatida turistik xizmatlarni hududiy integratsiyalashning istiqbolli yo‘nalishlari[47]

Hudud	**Asosiy turistik imkoniyat**	**Integratsiya qilinadigan xizmatlar**	**Shakllantiriladigan taklif**
Samarqand shahri	tarixiy-madaniy meros	mehmonxona, restoran, transport, gid, savdo	kompleks madaniy turizm paketi
Urgut	hunarmandchilik, savdo va mahalliy an’analar	transport, ekskursiya, ustaxona, gastronomiya	etno-hunarmandchilik marshruti

[46] Sobirov B.B. Regional Tourism Competitiveness Assessment at Mezo-Level: An Integral Index Approach for Uzbekistan // Central Asian Journal of Innovations on Tourism Management and Finance. 2026. Vol. 7, No. 3. P. 344–353. DOI: 10.51699/cajitmf.v7i3.1314.

[47] Muallif tomonidan tadqiqot natijalari asosida ishlab chiqilgan

Payariq	qishloq xo‘jaligi va mahalliy turmush	fermer xo‘jaligi, mehmon uyi, gastronomiya	agro-gastronomik turizm paketi
Nurobod	tabiiy hududlar	transport, gid, joylashtirish, ovqatlanish	ekologik va faol dam olish marshruti
Qo‘shrabot	tabiiy va qishloq hududlari	mehmon uyi, transport, mahalliy xizmatlar	qishloq va ekologik turizm taklifi

Mazkur yondashuvning muhim tomoni shundaki, turistlar oqimining bir qismi viloyat tumanlariga yo‘naltiriladi. Natijada turizm faoliyatining faqat markaziy hududlarda jamlanib qolishi kamayib, turizm bilan bog‘liq tadbirkorlik faoliyatining hududiy qamrovi kengayadi.

Bunda yangi turistik obyektlarni tashkil etishning o‘zi yetarli emas. Mavjud resurslarning o‘zaro bog‘lanish nuqtalarini aniqlash, hududlararo marshrutlarni shakllantirish, transport xizmatlarini moslashtirish va xizmat ko‘rsatuvchi subyektlar o‘rtasida barqaror hamkorlik mexanizmlarini yo‘lga qo‘yish zarur.

Olib borilgan tadqiqot natijalari turizm sohasining mintaqaviy raqobatbardoshligi faqat hududdagi tarixiy, madaniy yoki tabiiy resurslarning mavjudligi bilan belgilanmasligini ko‘rsatadi. Ushbu resurslarning iqtisodiy qiymati ular atrofida shakllangan xizmatlar tizimi hamda xizmat ko‘rsatuvchi subyektlarning o‘zaro hamkorligi orqali yuzaga chiqadi.

Umuman olganda, xizmatlarning integratsiyalashuvi mintaqaning mavjud turistik salohiyatidan kengroq foydalanish, turistik oqimdan olinadigan iqtisodiy samarani hudud bo‘ylab taqsimlash va turistik taklifning yaxlitligini ta’minlash imkonini beradi. Shu sababli mintaqaviy turizmni rivojlantirish siyosatida alohida obyekt yoki korxonalarni qo‘llab-quvvatlash bilan bir qatorda ular o‘rtasidagi iqtisodiy, tashkiliy va axborot aloqalarini rivojlantirishga ham ustuvor ahamiyat berish lozim.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. World Tourism Organization (UNWTO). UNWTO Tourism Definitions. Madrid: World Tourism Organization, 2019. ISBN: 978-92-844-2085-8.

2. World Tourism Organization (UNWTO). Practical Guidelines for Integrated Quality Management in Tourism Destinations: Concepts, Implementation and Tools for Destination Management Organizations. Madrid: UNWTO, 2017. ISBN: 978-92-844-1797-1.

3. World Tourism Organization (UNWTO). Practical Guidelines for Integrated Quality Management in Tourism Destinations: Concepts, Implementation and Tools for Destination Management Organizations. Madrid: UNWTO, 2017.

4. Sobirov B.B. Regional Tourism Competitiveness Assessment at Mezo-Level: An Integral Index Approach for Uzbekistan // Central Asian Journal of

Innovations on Tourism Management and Finance. 2026. Vol. 7, No. 3. P. 344–353. DOI: 10.51699/cajitmf.v7i3.1314.

O‘ZBEKISTONDA TURIZM SOHASINI MINTAQAVIY RIVOJLANTIRISHNI TAKOMILLASHTIRISHNING OBYEKTIV ZARURATI VA USTUVOR YO‘NALISHLARI

S.A.Abduxamidov - “Ipak yo‘li” turizm va madaniy meros xalqaro universiteti tadqiqotchisi

Annotatsiya. Maqolada O‘zbekistonda turizm sohasini mintaqaviy rivojlantirishni takomillashtirish zaruratini yuzaga keltirayotgan iqtisodiy va hududiy omillar tadqiq etilgan.

Kalit so‘zlar: turizm, mintaqa, hududiy rivojlanish, turistik salohiyat, turistik resurs, turistik infratuzilma, hududiy tafovut, turistik ixtisoslashuv, mintaqaviy siyosat, turistik xizmat.

O‘zbekistonda turizmning so‘nggi yillardagi rivojlanishi nafaqat turistlar oqimining kengayishi, balki hududlarning iqtisodiy faolligini oshirish, xizmat ko‘rsatish tarmoqlarini rivojlantirish, yangi ish o‘rinlari yaratish va mahalliy tadbirkorlikni qo‘llab-quvvatlash nuqtai nazaridan ham muhim ahamiyat kasb etmoqda. Shu bilan birga, turizmning mamlakat hududlari bo‘yicha rivojlanishi bir xil sur’at va imkoniyatlarga ega emas. Buning sababi mintaqalarning tarixiy-madaniy merosi, tabiiy-rekreatsion resurslari, transport imkoniyatlari, joylashtirish vositalari, xizmat ko‘rsatish infratuzilmasi va shakllangan turistik talabining o‘zaro farqlanishi bilan bog‘liq.

Turistik destinatsiyalar rivojlanishiga oid ilmiy tadqiqotlarda ham hududning raqobat ustunligi faqat tabiiy yoki tarixiy resurslarga bog‘liq emasligi qayd etiladi. L.Dwyer va C.Kim “destinatsiya raqobatbardoshligini resurslar, talab sharoitlari, destinatsiyani boshqarish va hududning umumiy ijtimoiy-iqtisodiy holati o‘zaro ta’sir qiladigan murakkab tizim sifatida baholaydi”[48]. J.R.B.Ritchie va G.I.Crouch esa “mavjud turistik resurslardan qanday foydalanilayotgani va ularni boshqarish sifati destinatsiyaning uzoq muddatli raqobat mavqeiga bevosita ta’sir qilishini asoslaydi”[49].

Bugungi kunda, turizm sohasini mintaqaviy rivojlantirish masalasi faqat yangi turistik obyektlarni tashkil etish yoki turistlar sonini ko‘paytirish bilan cheklanmasligi kerak. Asosiy masala hududning mavjud turistik imkoniyatlarini aniqlash, ularni real turistik mahsulotga aylantirish uchun zarur sharoitlarni yaratish va turizmdan olinadigan iqtisodiy manfaatni hududlar bo‘ylab kengroq taqsimlashdan iborat.

[48] Dwyer L., Kim C. Destination Competitiveness: Determinants and Indicators // Current Issues in Tourism. 2003. Vol. 6, No. 5. P. 369–414.

[49] Ritchie J.R.B., Crouch G.I. The Competitive Destination: A Sustainable Tourism Perspective. Wallingford: CABI Publishing, 2003.

Turizmni mintaqaviy rivojlantirish zarurati, eng avvalo, turistik resurslarning hududlar bo‘yicha notekis joylashganligi bilan izohlanadi. O‘zbekistonning har bir mintaqasi turizmni rivojlantirish nuqtai nazaridan o‘ziga xos imkoniyatlarga ega. Samarqand va Buxoroda tarixiy-madaniy hamda ziyorat turizmi uchun shakllangan salohiyat yuqori bo‘lsa, boshqa hududlarning tabiiy landshaftlari, tog‘ va cho‘l hududlari, qishloq xo‘jaligi, milliy hunarmandchilik yoki mahalliy turmush tarzi turizmning boshqa yo‘nalishlarini rivojlantirish imkonini beradi.

Biroq turistik resursning mavjudligi uning avtomatik ravishda iqtisodiy natijaga aylanishini anglatmaydi. Tarixiy obyekt yoki tabiiy hudud turist uchun jozibador bo‘lishi mumkin, lekin unga yetib borish qiyin bo‘lsa, yaqin atrofda joylashtirish va ovqatlanish xizmatlari shakllanmagan yoki obyekt haqidagi axborot turistga yetib bormasa, mavjud salohiyatdan foydalanish imkoniyati cheklanadi.

Shu nuqtai nazardan turizmning mintaqaviy rivojlanishini **“resurs mavjudligi - undan foydalanish uchun yaratilgan sharoit - shakllangan turistik talab - hududda olinayotgan iqtisodiy natija”** o‘rtasidagi uzviy bog‘liqlik sifatida ko‘rib chiqish maqsadga muvofiq.

Turizmni mintaqaviy rivojlantirish zaruratini belgilovchi muhim holat hududlar o‘rtasidagi infratuzilmaviy tafovutlardir. Turistik oqimning shakllanishida tarixiy yoki tabiiy obyektning jozibadorligi bilan bir qatorda turistning hududga yetib kelishi, tunab qolishi, ovqatlanishi, harakatlanishi va qo‘shimcha xizmatlardan foydalanishi uchun yaratilgan sharoit muhim o‘rin tutadi.

O‘zbekiston Milliy statistika qo‘mitasining ma’lumotlari joylashtirish infratuzilmasining hududlar bo‘yicha farqlanishini ko‘rsatadi. Jumladan, “2024-yilda yakka tartibdagi va boshqa joylashtirish vositalari soni Samarqand viloyatida 78 ta, Buxoro viloyatida 62 ta, Navoiy viloyatida 40 tani tashkil etgan”[50]. Ushbu raqamlar turistik xizmatlarni qabul qilish imkoniyatlarining hududlar bo‘yicha bir xil emasligini ko‘rsatadigan misollardan biridir.

Hududlar o‘rtasidagi tafovut xizmatlar hajmida ham kuzatiladi. “2024-yil yanvar-avgust oylarida respublika bo‘yicha yashash va ovqatlanish xizmatlari hajmi 14,5 trln so‘mni tashkil etgan bo‘lib, uning 53,7 foizi Toshkent shahri hissasiga to‘g‘ri kelgan. Samarqand viloyatida ushbu ko‘rsatkich 1 182,6 mlrd so‘mni tashkil etgan”[51]. Bunday nisbat xizmatlar iqtisodiy faolligining ayrim hududlarda yuqori darajada jamlanganini ko‘rsatadi.

Biroq hududiy tafovutni faqat yuqori yoki past natija sifatida baholash yetarli emas. Muhimi, nima sababdan muayyan mintaqada turistik imkoniyatlar iqtisodiy natijaga yaxshiroq aylanayotganini aniqlashdir. Bir hududda muammo transport

[50] O‘zbekiston Respublikasi Milliy statistika qo‘mitasi. Development of Tourism and Recreation in the Republic of Uzbekistan. 2025.

[51] O‘zbekiston Respublikasi Milliy statistika qo‘mitasi. Yashash va ovqatlanish xizmatlari bo‘yicha hududiy ko‘rsatkichlar. 2024-yil yanvar–avgust ma’lumotlari.

bilan bog‘liq bo‘lsa, boshqasida joylashtirish vositalari, turistik mahsulot, marketing yoki xizmatlar sifati rivojlanishni cheklashi mumkin.

Turizmni mintaqaviy rivojlantirishning metodologik jihatdan muhim masalalaridan biri turistik salohiyat va undan foydalanish natijasi tushunchalarini bir-biridan ajratishdir.

Turistik salohiyat hududning turizmni rivojlantirish imkoniyatlarini ifodalaydi. Bunga tarixiy-madaniy meros, tabiiy va rekreatsion resurslar, geografik joylashuv, infratuzilma, xizmat ko‘rsatish bazasi va boshqa imkoniyatlar kiradi. Turizmning amaldagi rivojlanish holati esa ushbu imkoniyatlarning qay darajada turistlar oqimi, xizmatlar, daromad, bandlik va tadbirkorlik faolligiga aylanganini ko‘rsatadi.

Shuning uchun mintaqaviy turizmni tahlil qilishda **“**hududda nima bor?” degan savolning o‘zi yetarli emas. Unga “mavjud imkoniyatlardan qay darajada foydalanilmoqda?” va “foydalanishni qaysi omil cheklamoqda?” degan savollar ham qo‘shilishi lozim.

Mazkur yondashuv mintaqaviy turizm siyosatini shakllantirishda amaliy ahamiyatga ega. Chunki turistik resurslari yetarli, lekin infratuzilmasi zaif hudud bilan infratuzilmasi rivojlangan, biroq turistik mahsuloti bozorga yetarli darajada olib chiqilmagan hududga bir xil rivojlantirish chorasini qo‘llash kutilgan natijani bermaydi.

Yuqoridagi holatlardan kelib chiqib, O‘zbekistonda turizmning mintaqaviy rivojlanishini baholashda oltita o‘zaro bog‘liq yo‘nalishni hisobga olish taklif etiladi.

1-jadval

Mintaqaviy turizm rivojlanishini baholashning asosiy yo‘nalishlari[52]

Yo‘nalish	Baholash mazmuni	Asosiy ko‘rsatkichlar
Turistik resurslar	hududning turizm uchun boshlang‘ich imkoniyati	tarixiy-madaniy, tabiiy, ziyorat va rekreatsion resurslar
Infratuzilma	turistlarni qabul qilish imkoniyati	joylashtirish, transport, ovqatlanish va boshqa infratuzilma
Turistik talab	hududga shakllangan real talab	turistlar, tashriflar, tunab qolishlar
Xizmat ko‘rsatish	turist ehtiyojlarini qondirish darajasi	turistik tashkilotlar, gidlar va servis subyektlari
Iqtisodiy natija	turizmning hudud iqtisodiyotidagi natijasi	xizmatlar hajmi, bandlik, tadbirkorlik va daromad
Hududiy barqarorlik	turizm samarasining hududga tarqalishi	mahalliy aholi ishtiroki, mavsumiylik, hududiy qamrov

Taklif etilayotgan yondashuvning asosiy farqi shundaki, bunda hududning turizm bo‘yicha holati faqat yakuniy natija bilan baholanmaydi. Resurs mavjud

[52] Muallif tomonidan ilmiy-tadqiotlardagi yondashuvlarni umumlashtirish asosida ishlab chiqilgan

bo‘lganidan boshlab uning iqtisodiy natijaga aylanishigacha bo‘lgan jarayon bir butun tizim sifatida ko‘riladi.

Shu tariqa mintaqaviy rivojlanishni baholashning mantiqiy ketma-ketligini quyidagicha ifodalash mumkin**:** 1.Turistik resurs. 2.Infratuzilmaviy sharoit. 3.Xizmat ko‘rsatish imkoniyati. 4.Turistik talab. 5.Iqtisodiy natija. 6.Hududiy samara.

O‘zbekiston mintaqalari turistik resurslarining tarkibi jihatidan bir-biridan sezilarli farq qiladi. Shu bois barcha hududlar uchun bir xil turizm modelini qo‘llash iqtisodiy jihatdan ham, hududiy rivojlanish nuqtai nazaridan ham maqsadga muvofiq emas.

Tarixiy-madaniy meros obyektlari ko‘p bo‘lgan hududda madaniy turizm infratuzilmasi ustuvor bo‘lishi tabiiy. Tabiiy-rekreatsion resurslarga boy hududda esa ekologik, tog‘, faol dam olish yoki qishloq turizmi uchun zarur infratuzilma va xizmatlar rivojlantirilishi lozim.

Mintaqaviy siyosat samaradorligini oshirish uchun hududlarni bir xil yondashuv asosida emas, ularning mavjud salohiyati va undan foydalanish holatidan kelib chiqib guruhlash maqsadga muvofiq.

2-jadval

Hududlarning turistik rivojlanish holati va ustuvor vazifalar[53]

Hudud holati	Asosiy muammo	Ustuvor yo‘nalish
salohiyati yuqori, foydalanish darajasi yuqori	o‘sish sifatini saqlash	xizmat sifati, innovatsiya, yangi bozorlar
salohiyati yuqori, foydalanish darajasi yetarli emas	resursning iqtisodiy qiymatga aylanishi sust	infratuzilma, investitsiya, marketing va turistik mahsulot
salohiyati cheklangan, foydalanish darajasi nisbatan yuqori	mahsulot bazasini kengaytirish zarurati	yangi turizm turlari va hududlararo marshrutlar
salohiyat va foydalanish darajasi past	turizmning iqtisodiy bazasi shakllanmagan	istiqbolli ixtisoslashuv va bazaviy infratuzilma

Bunday guruhlashning afzalligi hududga zarur bo‘lgan chora-tadbirni aniqroq belgilash imkoniyatidir. Masalan, turistik salohiyati yuqori hududda yangi obyektlarni aniqlashdan ko‘ra mavjud resurslarni turistik mahsulotga aylantirish muhimroq bo‘lishi mumkin. Turistik oqimi shakllangan hududda esa asosiy e’tibor xizmat sifatini yaxshilash, turistning qolish muddatini uzaytirish va xarajatlarini hududdagi boshqa xizmatlarga yo‘naltirishga qaratiladi.

Tadqiqot natijalari O‘zbekistonda turizmni mintaqaviy rivojlantirishni takomillashtirish zarurati bir necha obyektiv omillar bilan bog‘liqligini ko‘rsatadi. Eng avvalo, turistik resurslar, infratuzilma, xizmat ko‘rsatish imkoniyatlari va shakllangan turistik talab mamlakat hududlari bo‘yicha bir xil taqsimlanmagan.

[53] muallif ishlanmasi

Shu sababli milliy darajadagi umumiy o‘sish ko‘rsatkichlari har bir mintaqadagi real holatni bir xil darajada ifodalamaydi.

Turizmni hududiy rivojlantirishda turistik salohiyatning mavjudligi bilan undan foydalanish natijasini farqlash muhim. Resurslarga boy hududning turizm bo‘yicha yuqori iqtisodiy natijaga erishishi uchun infratuzilma, xizmatlar, bozorga chiqish va boshqaruv tizimi o‘zaro muvofiq shakllangan bo‘lishi zarur.

Shu asosda mintaqaviy turizmni “turistik resurs - infratuzilmaviy sharoit - xizmat ko‘rsatish imkoniyati - turistik talab - iqtisodiy natija - hududiy samara” ketma-ketligida baholash taklif etildi. Mazkur yondashuv hududda turizm rivojlanishini cheklayotgan omil qaysi bosqichda yuzaga kelayotganini aniqlash imkonini beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. Dwyer L., Kim C. Destination Competitiveness: Determinants and Indicators // Current Issues in Tourism. 2003. Vol. 6, No. 5. P. 369-414.

2. Ritchie J.R.B., Crouch G.I. The Competitive Destination: A Sustainable Tourism Perspective. Wallingford: CABI Publishing, 2003.

3. Dupeyras A., MacCallum N. Indicators for Measuring Competitiveness in Tourism: A Guidance Document // OECD Tourism Papers. 2013. No. 2013/02. Paris: OECD Publishing. DOI: 10.1787/5k47t9q2t923-en.

4. O‘zbekiston Respublikasi Milliy statistika qo‘mitasi. Development of Tourism and Recreation in the Republic of Uzbekistan. 2025.

5. O‘zbekiston Respublikasi Milliy statistika qo‘mitasi. Yashash va ovqatlanish xizmatlari bo‘yicha hududiy ko‘rsatkichlar. 2024-yil yanvar-avgust ma’lumotlari.

MUNDARIJA

I SHO‘BA. “ATROF-MUHIT MONITORINGINING MATEMATIK USULLARI”		
Qarshiboyev Xayrullo Qilichovich	*Atrof-muhit monitoringining matematik usullari*	*4*
Quljanov JaxongirBaxtiyorovich	*Ekologik holatni baholash va ifloslanish jarayonlarini matematik modellashtirish*.....	*11*
Mirzakabilov N.X.	*Mahalliy hududlarda va qishloqlarda turar-joy binolarini qurishda atrof-muhit va ekologik muammolar*.....	*14*
Quljanov JaxongirBaxtiyorovich	*Atmosfera havosini monitoring qilishda matematik modellashtirish va fazoviy-statistik tahlil usullari*	*17*
Xudoyberdiyev Sardor Ismoilovich	*Using the Concepts of a Function and Its Derivative to Analyze the Dynamics of Environmental Pollution*.....	*23*
Xudoyberdiyev Sardor Ismoilovich	*Sensitivity analysis of environmental impact factors using partial derivatives and the total differential of a multivariable function*	*25*
Ismatov Utkir Rustamovich	*Havo qatlamidagi zaharli birikmalarni matematik-statistik modellashtirish yordamida o‘rganish*.....	*27*
Ismatov Utkir Rustamovich	*Havo qatlamidagi zararli birikmalarni o‘rganishda statistik tahlil va vaqt qatorlari modellarining qo‘llanilishi*.....	*31*
Aliyev Shoxjaxon Eshdavlatovich	*An optimal quadrature formula in the space* $l_2^{(2)}(-1,1)$ *for cauchy type singular integrals arising in the modelling of environmental processes*	*33*
Mohichexra Melikovna Mo‘minova	*“Yashil iqtisodiyot” konsepsiyasining mohiyati va rivojlanish bosqichlari*.....	*38*
Mohichexra Melikovna Mo‘minova	*Yashil iqtisodiyot sharoitida xizmat ko‘rsatishni samarali rivojlantirish va uni tartibga solish darajalari*.....	*45*
Usanov Kamoliddin Xolboyevich	*Ekologik monitoring tizimlarida iot va raqamli egizak texnologiyalaridan foydalanish*.....	*49*
Mir-Jafarova Aziza Javoxirovna	*O‘zbekistonda mehmonxona va shunga o‘xshash joylashtirish vositalarining rivojlanish holatini tahlili* .	*51*
Mir-Jafarova Aziza Javoxirovna	*O‘zbekistonda mehmonxona va shunga o‘xshash joylashtirish vositalarining tendentsiyalari va muammolari*	*56*
Kalandarov Jalol Abdujalilovich	*O‘zbekistonda sport federatsiyalari faoliyati va sport turizmi o‘rtasida iqtisodiy bog‘liqlikning tahlili*	*61*
Kalandarov Jalol Abdujalilovich	*Hududlarda “Digital-Sport tourist” raqamli platformasi modelini tashkil etish zaruriyati , tuzilishi va texnik asoslanmasi*.....	*65*
O‘razaliyev Shirinboy Bo‘ron o‘g‘li	*Inson kapitalini oshishida regression-korrelyatsion bog‘lanishni ahamiyati*.....	*69*
O‘razaliyev Shirinboy Bo‘ron o‘g‘li	*Iqtisodiy tizimlarni boshqarishda chiziqli programmalashtirishning strategik ahamiyati*.....	*71*

O‘razaliyev Shirinboy Bo‘ron o‘g‘li	*Qishloq xo‘jaligining bir qismi bo‘lgan uzum mahsulotining regression-korrelyatsion tahlili.....*	*73*
O‘razaliyev Shirinboy Bo‘ron o‘g‘li	*Линейный регрессионный анализ мясной продукции, входящей в состав потребления всего человечества и мира .....*	*76*
Daminov Kamol Ruziboy o‘g‘li	*Ikkinchi tartibli Keli daraxtida tashqi maydonli Izing modeli uchun asosiy holatlar .....*	*79*
Daminov Kamol Ruziboy o‘g‘li	*Qashshoqlik darajasi va unga ta’sir etuvchi omillar ko‘rsatgichlarini prognozlash.....*	*82*
Daminov Kamol Ruziboy o‘g‘li	*Keli daraxtida tashqi maydonli Izing modeli uchun davriy bo‘lmagan asosiy holatlar. .....*	*85*
Bahtiyor Iskandarovich Ashurov	*Atrof-muhit monitoringining matematik usullari.....*	*90*
Inoyatov Qayum Yusufovich	*Xizmat ko‘rsatish sohasini yashil va innovatsion iqtisodiyot tamoyillari asosida barqaror rivojlantirish yo‘nalishlari .....*	*92*
Salimov Esanjon Xusen o‘g‘li	*Atrof-muhit monitoringida fazoviy-statistik usullarni qo‘llash*	*96*
Худойбердиев Акмал Умарович	*Применение матричных методов в математическом мониторинге окружающей среды*	*99*
Худойбердиев Акмал Умарович	*Полное руководство: математические методы мониторинга окружающей среды с использованием дифференциальных уравнений .....*	*102*
Husanov F.O.	*Sanoat hududlarida atmosfera havosi ifloslanishini baholash va monitoring qilishning matematik-statistik usullari .....*	*107*
Husanov F.O.	*Daryo havzalari va suv resurslari sifat ko‘rsatkichlarini matematik interpolyatsiya hamda vaqt qatorlari yordamida monitoring qilish .....*	*111*
Quljanov JaxongirBaxtiyorovich	*Atrof-muhit monitoringining matematik usullari va ekologik holatni baholash .....*	*114*
II SHO‘BA. “EKOLOGIK TIZIMLARNI DINAMIK MODELLASHTIRISH”		
Qarshiboyev Xayrullo Qilichovich	*Ekologik tizimlarni dinamik modellashtirish .....*	*118*
K.Mamasoliyev J.A.Sindarov	*Uch qatlamli fundamentsimon plitalarning еластик asos bilan kontakt munosabatiga oid masalaning matematik modellashtirilishi va ko‘phadlarga asoslangan yechish usuli.....*	*123*
Muxamadjanov Shaxriyor Solijon o‘g‘li	*Hududlarning investitsion salohiyatini rivojlantirishning nazariy va uslubiy asoslari .....*	*126*
Quljanov Jaxongir Baxtiyorovich	*Yashil iqtisodiyotni rivojlantirish jarayonlarining matematik modellashtirilishi.....*	*131*
Abduxakimov Saidaxmat Xazratkulovich Abduxakimova Maftuna G‘ofur qizi Suyunova Zarnigor Lutfulla qizi	*Proporsional yig‘imli logistik populyatsiya modelining dinamik xususiyatlarini matematik tahlil qilish.....*	*135*

Yuldoshova Zarnigor Sayfullo qizi	*Atrof-muhitga texnogen vibratsion ta'sirlarni kamaytirishda sterjenning harakatlanuvchi dinamik so'ndirgich bilan tebranishlarini matematik modellashtirish*	*138*
Ismatov Utkir Rustamovich	*Orol dengizi qurigan tubidan tuz va chang migratsiyasining ekologik-iqtisodiy zararini baholashning uslubiy yondashuvlari*	*144*
Ismatov Utkir Rustamovich	*Orol dengizi qurigan tubidan tuz va chang migratsiyasining ekologik-iqtisodiy zararini baholashning matematik modeli*	*147*
Ismatov Utkir Rustamovich	*Zamonaviy iqtisodiyotda xizmat ko'rsatishning kognitiv taraqqiyoti*	*151*
Usanov Kamoliddin Xolboyevich	*Uglerod chiqindilari dinamikasini differensial tenglamalar yordamida modellashtirish*	*156*
Usanov Kamoliddin Xolboyevich	*Yashil texnologiyalarni joriy etishni agent-asosli modellashtirish yordamida o'rganish*	*158*
Usanov Kamoliddin Xolboyevich	*Ekologik kuznets egri chizig'ini ekonometrik modellashtirish: iqtisodiy o'sish va ifloslanish o'rtasidagi bog'liqlik*.....	*161*
Фахриддинова Сарвиноз Фазлиддиновна	*Статистический анализ динамики безналичных платежей в Узбекистане за последние пять лет*....	*163*
Фахриддинова Сарвиноз Фазлиддиновна	*Эконометрический анализ влияния уровня безработицы на инфляцию в Республике Узбекистан. Проверка кривой Филлипса. (2020–2024 гг.)*	*167*
Kurbaniyazov Zafar Saparbayevich	*Динамическое моделирование распространения загрязнения Атмосферного воздуха в городской экосистеме*.....	*172*
O'razaliyev Shirinboy Bo'ron o'g'li	*Iqtisodiy masalalarni differensial tenglamalar ko'rinishida modellashtirish*.....	*181*
Ganiyev Firdavs Abduraufovich	*Yashil iqtisodiyot sharoitida Samarqand viloyatida yashash va ovqatlanish bo'yicha xizmatlarni rivojlantirishni matematik modellashtirish*	*183*
Inoyatov Qayum Yusufovich	*Bozor hajmini aniqlashda ekonometrik modellardan foydalanish*	*188*
Inoyatov Qayum Yusufovich	*Xizmat ko'rsatish korxonalari faoliyati ko'rsatkichlarini ekonometrik modellashtirish*.....	*192*
O'razaliyev Shirinboy Bo'ron o'g'li	*Menejmentda chiziqli va chiziqsiz dasturlash usullarining qo'llanilishi*.....	*196*
Муртазаева Умида Исакуловна, Ачилов Гайрат Норбобоевич, Муртозаев Ориф Бектемир угли	*Математическое моделирование переноса и диффузии загрязняющих веществ в атмосфере для задач экологического мониторинга промышленных регионов*.....	*199*
Salimov Esanjon Xusen o'g'li	*Ekologik tizimlarda bioxilma-xillikni baholashning populyatsion modeli*.....	*203*

Salimov Esanjon Xusen o‘g‘li	*Orolbo‘yi hududida suv va yer resurslari o‘zaro ta’sirining dinamik modeli*	*206*
Salimov Esanjon Xusen o‘g‘li	*Suv havzalarida ekologik monitoring: vaqt qatorlari va ma’lumotlar uyg‘unligi*	*208*
Raximova Umida Ziyadillayevna	*Panel ma’lumotlarda Fixed Effects va Random Effects modellari orqali modellashtirish*	*211*
Husanov F.O.	*Hududiy ekologik-iqtisodiy tizimlarning barqaror rivojlanishini dinamik modellashtirish va senariyli tahlil qilish*	*217*
Husanov F.O.	*"Yashil makon" loyihasi doirasida shahar ekotizimlarida biomassa o‘sishi va uglerod yutilishi dinamikasini modellashtirish*	*220*
O‘razaliyev Shirinboy Bo‘ron o‘g‘li	*Antropogen yuklama ta’siridagi ekologik tizimlarning dinamik modeli va barqarorligini tahlil qilish: ekologik menejment uchun boshqaruv qarorlarini asoslash*.....	*224*
Xudoyberdiyev Sardor Ismoilovich	*Suv ta'minoti tizimlarini raqamlashtirish: zarafshon havzasi misolida algoritmik yondashuvlar*	*227*
III-SHO‘BA. “OPTIMALLASHTIRISH USULLARI YORDAMIDA ATROF-MUHITNI MUHOFAZA QILISH”		
Qarshiboyev Xayrullo Qilichovich	*Optimallashtirish usullari yordamida atrof-muhitni muhofaza qilish*	*234*
Akilov J.A. G‘aybulov Yu.	*Nonyuton neftlarning ekspluatatsiya qudug‘ida nostatsionar harakati*	*239*
S.I. Khudoyberdiyev	*Sensitivity and elasticity analysis of an integral green economy indicator based on partial derivatives*.....	*244*
S.I. Khudoyberdiyev	*Determining the optimal level of green investment using marginal analysis*	*246*
Sharipov Qudratbek Quraltayevich	*Yashil investitsiyalarni optimallashtirishda matematik modellashtirish usullaridan foydalanish*.....	*248*
Xakimova Ma’mura Muxammadiyevna	*Qurg‘oqchilik sharoitida suv resurslarini taqsimlashning optimal modeli*	*251*
Usanov Kamoliddin Xolboyevich	*Yashil investitsiya loyihalarini tanlashda ko‘p mezonli qaror qabul qilish usullari*	*257*
Usanov Kamoliddin Xolboyevich	*Mashinaviy o‘qitish asosida shahar havosi sifati ko‘rsatkichlarini (pm2.5) prognozlash*	*259*
Usanov Kamoliddin Xolboyevich	*Quyosh elektr stansiyalari ishlab chiqarishini vaqt qatorlari va lstm tarmoqlari bilan prognozlash*	*261*
Usanov Kamoliddin Xolboyevich	*Yerlar degradatsiyasini gis va masofaviy zondlash asosida monitoring qilish*.....	*264*
Usanov Kamoliddin Xolboyevich	*Aylanma iqtisodiyotda chiqindi oqimlarini kirish–chiqish balansi modeli asosida tahlil qilish*.....	*266*
Muxiddinov M.Sh.	*Erkin iqtisodiy zonalarda logistika xizmatlarining ahamiyati*.....	*268*
Muxiddinov M.Sh.	*Erkin iqtisodiy zonalarda logistika xizmatlarining rivojlanish holati tahlili*	*271*

Salimov Samandar Husen o‘g‘li	*Atrof-muhitni muhofaza qilishning fizik metodlari.....*	*275*
Jo‘lanov Hasan Komil o‘g‘li	*Oliy ta’lim muassasalarida fizika fanini o‘qitishda vizual va modellashtiruvchi vositalardan foydalanishning didaktik imkoniyatlarini takomillashtirish.....*	*279*
Jo‘lanov Hasan Komil o‘g‘li	*Fizika ta’limida vizualizatsiya vositalaridan foydalanish orqali talabalarning fazoviy tafakkurini shakllantirish.....*	*286*
Jo‘lanov Hasan Komil o‘g‘li	*Fizika ta’limida modellashtirish metodining interfaol platformalar asosida ekologik ta’lim bilan integratsiyasi .....*	*290*
Jo‘lanov Hasan Komil o‘g‘li	*Oliy ta’limda fizika kurslarini vizualizatsiya va modellashtirish asosida o‘qitishning didaktik tamoyillari: yashil iqtisodiyot bilan integratsiyalashuv*	*296*
Xolmatova Asila Menglimurod qizi	*O‘zbekiston tijorat banklarida onlayn kreditlash va masofaviy to‘lov xizmatlarini rivojlantirish masalalari*	*304*
Anesov Mukhtar	*O‘zbekiston Respublikasida atrof-muhitni himoya qilishda ‘Space Intelligence’ kompaniyasi bilan hamkorlik.....*	*308*
O‘razaliyev Shirinboy Bo‘ron o‘g‘li	*Cheklangan resurslarni optimallashtirishning iqtisodiy-matematik modellari.....*	*310*
Inoyatov Qayum Yusufovich	*Aholi bandligi va daromadlarini oshirishda kichik biznes va xususiy tadbirkorlik subyektlari ko‘rsatkichlarini ekonometrik tahlil qilish.....*	*314*
O‘razaliyev Shirinboy Bo‘ron o‘g‘li	*Energiya samaradorligini oshirishda optimallashtirish usullari va boshqaruv qarorlari.....*	*318*
Raxmonov Aziz Iskandarovich	*Savdo xizmatlari samaradorligini “yashil innovatsiyalar portfeli” mexanizmi asosida oshirish imkoniyatlari.....*	*322*
Salimov Esanjon Xusen o‘g‘li	*Havo ifloslanishini kamaytirish choralarini ko‘p mezonli optimallashtirish .....*	*326*
Ganiyev Firdavs Abduraufovich	*Yashil iqtisodiyot sharoitida O‘zbekistonda yashash va ovqatlanish xizmatlari sohasini rivojlantirishning zamonaviy yondashuvlari .....*	*329*
Ismatov Utkir Rustamovich	*Raqamli transformatsiya sharoitida sanoat korxonalari ishlab chiqarish samaradorligini baholash metodikasi: qashqadaryo viloyati misolida.....*	*332*
Ismatov Utkir Rustamovich	*Sanoat korxonalarining strategik rivojlanishini raqamli texnologiyalar asosida boshqarish: adaptiv model, ssri indeksi va prognozlash mexanizmi.....*	*337*
Ismatov Utkir Rustamovich O‘razaliyev Shirinboy Bo‘ron o‘g‘li	*Atrof-muhit menejmenti tizimida optimallashtirish algoritmlarining qo‘llanilishi.....*	*343*
Raximova Umida Ziyadillayevna Ilmuratova Charos Mardiyevna	*O‘zbekiston sanoat korxonalarida ishlab chiqarish xarajatlarini optimallashtirishda o‘zgaruvchilarning statistik muvofiqligini tekshirish.....*	*346*

Raximova Umida Ziyadillayevna	*Ikki bosqichli eng kichik kvadratlar usulining vaqtli qatorlarga tadbiqlari*	*353*
Husanov F.O.	*Sanoat korxonalarida ekologik xarajatlar va zararli tashlamalar hajmini chiziqli dasturlash usullari yordamida optimallashtirish*.....	*357*
Husanov F.O.	*Maishiy va sanoat chiqindilarini yig‘ish hamda qayta ishlash logistika tarmog‘ini transport masalasi asosida optimallashtirish*	*361*
O.A.Abdug‘aniev	*Chakana savdo korxonalari samaradorligini “muammo-taklif-samaradorlik” modeli asosida oshirish*.....	*364*
O‘razaliyev Shirinboy Bo‘ron o‘g‘li	*Optimallashtirish usullari yordamida atrof-muhitni muhofaza qilish: ekologik menejmentda ekologik yukni kamaytirish chora-tadbirlarini minimal xarajat bilan taqsimlash*	*368*
Salimov Esanjon Xusen o‘g‘li	*Qattiq maishiy chiqindilarni yig‘ish va tashishda marshrutlarni optimallashtirish*.....	*371*
IV SHO‘BA. “SUN’IY INTELLEKT VA MA’LUMOTLAR TAHLILI YORDAMIDA ATROF-MUHITNI HIMOYA QILISH”		
Aminov Istam Barnoyevich, Suyarov Akram Musayevich	*Sun’iy intellekt asosida atrof-muhitni himoya qilish jarayonini loyihalashtirish*	*375*
Sazzad Hossain, Sayidqulov Asliddin Khusniddin ug‘li, Shukurov Bekzod	*Forecasting atmospheric pm2.5 particle concentrations using quantum support vector regression*	*380*
Axatov Abror Askar o‘g‘li, Shukurov Bekzod	*Algorithms for supporting crop classification through intelligent analysis of soil data using ensemble learning and shap interpretation*.....	*384*
Nazarov F.M., Nishonova M.Q., Musurmonova I	*Taqsimlangan tizimlarda noaniq shubhali ma’lumotlarni aniqlashning sun’iy neyron tarmoqli modeli*	*388*
Suyarov Akram Musayevich, Suvonov Sunnatbek Shoto‘ra o‘g‘li.	*Sun’iy intellekt va mashinaviy o‘qitish algoritmlari asosida atrof-muhit holatini monitoring qilish*.....	*391*
Karimov Tolmasbek Xolmo‘min o‘g‘li	*Suniy intellekt, texnologiyasi, yordamida ekologik muammolarni aniqlash va boshqarish*	*395*
Jomonqulova F. E Abdullayea M.V.	*Raqamli iqtisodiyotning iqtisodiyotni rivojlantirishdagi roli*	*397*
Nazarov Fayzullo Maxmadiyarovich, Sariyev Shohruh Norqo‘zi o‘g‘li, Shukurov Bexzod Axmadjon o‘g‘li	*Ko‘p sinfli klassifikatsiya masalalarida sinflar nomutanosibligi muammosini hal qilish usullari*	*401*
F. E.Jomonqulova	*Sun’iy intellektning bazaviy asoslari*.....	*406*
F. E.Jomonqulova	*Axborot texnalogiyalarini turizmni rivojlantirishda qo‘llashni takomillashtirish*.....	*411*
F. E.Jomonqulova	*Mehmonxona biznesidagi onlayn bronlash tizimlarining roli va samaradorligi*.....	*416*

F. E.Jomonqulova	*Iqtisodiyotda blokcheynlarning ishlatilishi.....*	*420*
Narmuradov Ulugbek Ziyadullayevich	*Hududlarda pochta-kuryerlik logistika infratuzilmasini rivojlantirish orqali xizmat ko‘rsatish samaradorligini ta’minlash.....*	*424*
Suyarov Akram Musayevich, Suvonov Sunnatbek Shoto‘ra o‘g‘li.	*Sun’iy intellekt va mashinaviy o‘qitish algoritmlari asosida atrof-muhit holatini monitoring qilish.....*	*436*
Rustamov Sherzod Norxudjayevich	*O‘zbekistonda atrof-muhitni muhofaza qilishda sun’iy intellekt va ma’lumotlar tahlilidan foydalanish istiqbollari.....*	*440*
Shukurov Vasliddin Sobirjon o‘g‘li	*Sun’iy intellekt yordamida atmosfera havosining ifloslanishini bashoratlash.....*	*444*
Salimova Maxbuba Xidirbay qizi, Musurmonova Ibodat,	*Xotin-qizlarni qo‘llab-quvvatlash siyosatida gender tengligi, ijtimoiy farovonlik va boshqaruv samaradorligini oshirish imkoniyatlari Gender tengligini ta’minlashda xotin-qizlarning axborot texnologiyalari va sun’iy intellekt sohasidagi ishtirokini qo‘llab-quvvatlash imkoniyatlari.....*	*448*
M.X.Abduraxmanov	*Oliy ta’limda talabalarning mustaqil ta’limini tashkil etishda sun’iy intellektdan foydalanish.....*	*454*
Rustamov Jamshid Ergashevich	*Sun’iy intellektning atrof-muhit monitoringidagi imkoniyatlari .....*	*458*
Rustamov Jamshid Ergashevich	*Ekologik ma’lumotlarni yig‘ish va tahlil qilish texnologiyalari .....*	*463*
Rustamov Jamshid Ergashevich	*Sun’iy intellekt yordamida ekologik muammolarni bashorat qilish.....*	*468*
Maxmudova A.P.	*Yashil mehmonxonalarni rivojlantirishda aqlli texnologiyalarning ahamiyati .....*	*474*
Raxmatov Yashin Yarashovich	*Sun’iy intellekt va raqamli texnologiyalar asosida talabalarning ekologik kompetensiyalarini rivojlantirish.....*	*479*
Rashidov Akbar, Tursinxanov Nurlan	*Enhancing the robustness of assessment models under statistical distribution shifts in environmental data.....*	*483*
Ernazarov Alisher Ergashevich	*Samarqand tarixiy obidalari hududida ekologik xavflarni sun’iy intellekt va ma’lumotlar tahlili asosida baholash.....*	*486*
Usanov Yoqub Dilmurod o‘g‘li	*Atrof-muhitni muhofaza qilishning integratsiyalashgan matematik-axborot yondashuvi: monitoring, dinamik modellashtirish, optimallashtirish va sun’iy intellect.....*	*493*
Olimjonova M.O.	*Barqaror turizmni rivojlantirishda big data texnologiyalaridan foydalanish.....*	*497*
Olimjonova M.O.	*Ekoturizmni rivojlantirishda sun’iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish istiqbollari.....*	*502*
Karimov Tolmasbek Xolmo‘min o‘g‘li	*Iqtisodiy ta’lim tizimini raqamli texnologiyalar asosida tashkil etish .....*	*507*

Karimov Tolmasbek Xolmo‘min o‘g‘li	*Sun’iy intellekt yordamida iqtisodiy ta’lim tizimini raqamli texnologiyalar asosida tashkil etish metodikasini ishlab chiqish*	*509*
Sadriddinov Ulug‘bek Jaloliddin o‘g‘li	*Hududlarning xalqaro raqamli integratsiyasi va raqamli xizmatlar eksportining resurs tejovchi salohiyati. Hududiy ma’lumotlar tahlili*	*513*
Husanov F.O.	*Sun’iy intellekt va mashinali o‘qitish algoritmlari yordamida atmosfera ifloslanishi hamda iqlim o‘zgarishi xavflarini prognozlash*.....	*518*
Husanov F.O.	*Masofaviy zondlash va kompyuterli ko‘rish texnologiyalari asosida yer degradatsiyasi hamda yashil qoplamalarni intellektual tahlil qilish*.....	*521*
V SHO‘BA. “ATROF-MUHITNI MUHOFAZA QILISHNING DASTURIY TA’MINOT YECHIMLARI”		
Suyarov Akram Musayevich, Aminov Istam Barnoyevich	*Atrof-muhitni himoya qilish jarayonini raqamlashtirish texnologiyalari*	*525*
Karimov Tolmasbek Xolmo‘min o‘g‘li	*Atrof-muxitni muxofaza qilishda zamonaviy dasturiy taminot yechimlaridan foydalanish*	*529*
Kurbaniyazov Zafar Saparbayevich, Abduvaytov Abbos Shavkat o‘g‘li	*Aqlli uy datchik tizimlari yordamida nosozliklarni avtomatik aniqlash va tezkor bartaraf etish asosida aholiga xizmat ko‘rsatish sifatini hamda samaradorligini oshirish*	*531*
Mamanazarov Baxrom Jumonovich, Mavlonov Obid Nizomovich, Boymirzayeva Lobar Olimjon qizi	*Iot sensorlari ma’lumotlari asosida mashinali o‘qitish yordamida ekologik anomaliyalarni aniqlash va xavfni baholash*.....	*537*
Suyarov Akram Musayevich, Suvonov Sunnatbek Shoto‘ra o‘g‘li, Axmaedova Maxbuba Baxtiyorovna	*Iot texnologiyalari asosida ekologik monitoringning aqlli axborot tizimini ishlab chiqish*	*542*
Suyarov Akram Musayevich, Suvorov Sunnatbek Shoto‘ra o‘g‘li	*Bulutli texnologiyalar va katta ma’lumotlar tahlili asosida yashil iqtisodiyotning raqamli monitoring tizimini takomillashtirish*	*544*
Dusmatova M.A.	*Анализ спутниковых снимков с помощью сверточных нейронных сетей (спп) для мониторинга зеленых зон*	*547*
Dusmatova M.A.	*Digital cadastre of green spaces and environmental objects in regions using geographic information systems (gis)*.....	*549*
Dusmatova M.A.	*"Yashil makon" umummilliy loyihasi doirasida ekilgan ko‘chatlar va o‘rmon hududlarini hisobga olishning mobil ilovasini ishlab chiqish*	*552*
Maxmidov Shirinboy Botirovich, Sharipov To‘lqin Saidaxmedovich	*Ishlab chiqarish korxonalarida logistika xizmatini rivojlantirishning tashkiliy-iqtisodiy mexanizmalarini takomillashtirishda raqamli texnologiyalarning o‘rni*	*555*

Shodiyev Baxrom Shavkatovich	*Atrof-muhitni muhofaza qilishning dasturiy muhitini yaratish algoritmlari*	*558*
Yaxshiboyev Rustam Erkinboy o‘g‘li	*Atrof-muhit muhofazasi sohasida mutaxassislarni tayyorlashda masofaviy ta’lim texnologiyalaridan foydalanish*	*562*
Qarshiboyev X. Q.	*Atrof-muhitni muhofaza qilishning dasturiy ta’minot yechimlari.*	*565*
Salimov Esanjon Xusen o‘g‘li	*Atrof-muhitni muhofaza qilish uchun ochiq kodli geoma’lumotlar tizimi*	*571*
Salimov Esanjon Xusen o‘g‘li	*Ekologik ma’lumotlarni boshqarish uchun o‘zaro ishlaydigan raqamli platform*.....	*574*
Salimov Esanjon Xusen o‘g‘li	*Havo sifati ko‘rsatkichlarini sun’iy intellekt yordamida prognozlash*.....	*577*
Salimov Esanjon Xusen o‘g‘li	*Sun’iy yo‘ldosh tasvirlari asosida yer degradatsiyasini aniqlashda mashinaviy o‘qitish*.....	*579*
Husanov F.O.	*Geoaxborot tizimlari (GAT) va buyumlar interneti (IOT) integratsiyasi asosida atrof-muhitni boshqarishning dasturiy majmuasini yaratish*.....	*582*
Husanov F.O.	*Korxonalarning ekologik hisobotdorligi va "yashil soliq" monitoringini avtomatlashtiruvchi axborot tizimi arxitekturasini ishlab chiqish*.....	*585*
Xudoyberdiyev Sardor Ismoilovich	*Aholini suv bilan optimal ta’minlashning additivlik algoritmi*.....	*589*
S.A.Abduxamidov	*Turizm sohasining mintaqaviy raqobatbardoshligini oshirishda xizmatlar integratsiyasining ahamiyati*.....	*594*
S.A.Abduxamidov	*O‘zbekistonda turizm sohasini mintaqaviy rivojlantirishni takomillashtirishning obyektiv zarurati va ustuvor yo‘nalishlari*	*599*

Ilmiy nashr

“YASHIL IQTISODIYOT VA ATROF-MUHITNI ASRASHDA MATEMATIK MODELLASHTIRISH VA RAQAMLASHTIRISHNING ZAMONAVIY YONDASHUVLARI”

RESPUBLIKA ILMIY-AMALIY ANJUMANI

MATERIALLARI TO‘PLAMI

2026-yil 10-oktyabr

Muharrir: M.Rahimova
Texnik muharrir: S.Ergashov
Nashrga tayyorlovchi: Sh.Xujakulov

ISBN: 978-9910-4589-5-8

0082

“SUHROB SIDDIQ SERVIS” nashriyoti.
Faoliyat manzili Samarqand shahar, Kimyogarlar shaharchasi,
“Darg‘om” MFY, 8-uy, 7-xonadon.tel.: +998 97-916-26-86
Terishga berildi: 19.10.2026-yil. Bosishga ruxsat etildi: 27.10.2026-yil.
Bichimi 60x84 1/16, “Times New Roman” garniturasi.
Bosma tabog‘i 39,125. Adadi 5 nusxa. Buyurtma № 2026/ NI-26
Bahosi kelishilgan narxda. Noshirlik litsenziyasi: № 1858912