Z.J.XUDAYAROV, X.D.IRISOV, M.R.DJIYANOV, S.S.NURMANOV

ILMIY-TADQIQOT USULLARI VA EKSPERIMENTAL REJALASHTIRISH

O‘QUV QO‘LLANMA



TOSHKENT-2026

XUDAYAROV Z.J., IRISOV X.D., DJIYANOV M.R., NURMANOV S.S.

ILMIY-TADQIQOT USULLARI VA EKSPERIMENTAL REJALASHTIRISH

(O‘quv qo‘llanma)

Toshkent – 2026

UO‘K: 631.3:001.891:519.2

ISBN: 978-9910-8591-5-1

Xudayarov Z.J. va bosh. Ilmiy-tadqiqot usullari va eksperimental rejalashtirish// O‘quv qo‘llanma. – Toshkent: «AKTIV PRINT» nashriyoti, 2026. -189 bet.

Taqrizchilar:

Xudayarov B.M.	«TIOXMMI» Milliy tadqiqot universitetini «Qishloq xo‘jaligi texnika va texnologiyalari» kafedrasi professori, texnika fanlari doktori, professor;
Xalilov R.D.	ToshDAU «Qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalashtirish va avtomatlashtirish» kafedrasi dotsenti, texnika fanlari nomzodi, dotsent.

Ushbu o‘quv qo‘llanma 70810101-Qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalashtirish” magistratura mutaxassisligi magistrantlari uchun mo‘ljallangan. Unda fanning aniq maqsad va vazifalari, ilmiy-tadqiqot usullari va eksperimental rejalashtirish, ilmiy faoliyatning o‘rganish bosqichlari, “kuzatish – nazariya – eksperiment” tizimi, ilmning tizimlik tavsifi, mashinalarning “yashash” sikli va innovatsion faoliyat, ilmiy tadqiqot metodologiyasi asoslari, fizik kattaliklarni o‘lchash, matematik statistika elementlari, dispersiya tahlili elementlari, korrelyatsiya va regressiya tahlili, ko‘p omilli eksperimentlar, kasrli faktorli eksperiment to‘g‘risida ma’lumotlar keltirilgan.

O‘zbekiston Respublikasi Prizidentining 2021-yil 24-dekabrdagi PQ-60-son qaroriga asosan Toshkent davlat agrar universitetining 2026-yil «20» yanvardagi «1-9-6/15»-sonli buyrug‘i bo‘yicha nashr etildi.

O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi tomonidan litsenziya berilgan nashriyotlarda nashr etishga ruxsat beriladi.

ISBN: 978-9910-8591-5-1

© Toshkent davlat agrar universiteti, 2026

© «AKTIV PRINT» nashriyoti, 2026

KIRISH

Turli texnik ob’ektlarni, jumladan yangi qishloq xo‘jaligi texnikalarining agregatlari va ishchi qismlarini ishlab chiqish, tayyorlash va amaliyotga tatbiq etish jarayonida eksperimental tadqiqotlar muhim ahamiyat kasb etadi. Ayniqsa, bunday texnikalarni yaratish va takomillashtirish jarayonida asosiy xarajatlarning katta qismi ularni sozlash va sinovdan o‘tkazish bosqichiga to‘g‘ri keladi.

Eksperimentni rejalashtirish nazariyasi tadqiqot ishlarini eng maqbul tarzda tashkil etish, tajriba o‘tkazish jarayonini tizimli va iqtisodiy jihatdan samarali yo‘lga qo‘yish imkonini beradi. Mazkur nazariya va uning amaliy qo‘llanilish usullarini o‘zlashtirish tadqiqotchiga o‘z ish unumdorligini oshirish, ko‘plab amaliy masalalarni minimal xarajat bilan yechish imkonini beradi. Bunda tajriba natijalari asosida texnik ob’ektlarning matematik modellari tuziladi, jarayonlar optimallashtiriladi va ilgari surilgan taxminlar ilmiy asosda tekshiriladi.

Qishloq xo‘jaligi texnikalari ish jarayonlari o‘zgaruvchan muhit sharoitlarida kechganligi sababli, ular ko‘plab omillar ta’sirida bo‘ladi. Bunday murakkab jarayonlarni faqat tahliliy usullar bilan to‘liq ifodalash har doim ham mumkin emas. Shu sababli yangi texnikalar agregatlari va ishchi qismlarining samaradorligini o‘rganishda eksperimentni rejalashtirish usullaridan foydalanish zarur bo‘ladi. Bu yondashuv bir vaqtning o‘zida bir nechta omillarni o‘zgartirib, ularning ta’sirini aniqlash va tahlil etish imkonini beradi. Olingan eksperimental ma’lumotlar asosida tadqiqot ob’ektining matematik modeli ishlab chiqiladi.

Uskunalar va texnologik jarayonlarning matematik ifodalanishi ularning asosiy parametrlarini o‘rganish va optimallashtirish imkonini beradi. Mazkur o‘quv qo‘llanmada eksperimentni rejalashtirish nazariyasining asosiy tushunchalari, dispersion tahlil, korrelyatsiya va regressiya tahlillari, shuningdek, ko‘p omilli eksperimentning birinchi tartibli rejalari turli muhandislik va texnologik masalalarni yechishda qanday qo‘llanilishi yoritilgan.

Shuningdek, eksperimental tadqiqotlar jarayonida qo‘llaniladigan o‘lchash vositalari, sinov stendlari va laboratoriya uskunalarining to‘g‘ri tanlanishi ham katta ahamiyatga ega. Aniqlik darajasi yuqori bo‘lgan o‘lchov tizimlari nafaqat natijalarning ishonchliligini ta’minlaydi, balki olingan ma’lumotlar asosida yaratilgan modellarning aniqligini ham oshiradi. Shuning uchun tajribalarni rejalashtirishda texnik imkoniyatlar, o‘lchov aniqligi va inson omilining ta’siri hisobga olinishi lozim.

Bundan tashqari, eksperimental tadqiqotlarni o‘tkazish jarayonida statistik ma’lumotlarni tahlil qilish, ularni qayta ishlash va xatoliklarni minimallashtirish muhim bosqichlardan biridir. Statistik usullar yordamida olingan natijalar asosida texnik qurilmalarning optimal ish rejimlari aniqlanadi, natijada ishlab chiqilgan agregatlar va mexanizmlar samaradorligi oshadi. Shu tariqa, eksperimentni rejalashtirish usullarini to‘g‘ri qo‘llash nafaqat ilmiy tadqiqotlar, balki ishlab chiqarish jarayonlarini ham yanada mukammal va iqtisodiy jihatdan samarali qilish imkonini beradi.

I BOB. ILMIY-TADQIQOT USULLARI VA EKSPERIMENTAL REJALASHTIRISH FANINING MAQSADI, VAZIFALARI VA ASOSIY TUSHUNCHALARI

“Ilmiy-tadqiqot usullari va eksperimental rejalashtirish” fani zamonaviy ilmiy izlanishlarning uslubiy poydevorini shakllantiradi hamda tadqiqot ishlarini ilmiy asosda tashkil etish tamoyillarini o‘rgatadi. Ushbu fan yordamida talabalar ilmiy izlanish olib borish, nazariya va eksperimentni uyg‘unlashtirish, natijalarni tahlil qilish hamda jamiyat taraqqiyoti uchun qo‘llash ko‘nikmalarini egallaydilar.

1.1-§. Fanning rivojlanish tarixi

Ilm-fan insoniyat taraqqiyotining eng muhim harakatlantiruvchi kuchlaridan biridir. U jamiyat rivojlanishi, texnika va texnologiyalarning takomillashuvi, shuningdek, inson tafakkurining yuksalishi bilan uzviy bog‘liqdir. Fanning rivojlanish tarixini bosqichma-bosqich ko‘rib chiqish ilmiy bilimlarning shakllanish jarayonini tushunishga yordam beradi.

Qadimgi davrgi Misr, Mesopotamiya, Hindiston va Xitoyda dastlabki ilmiy bilimlar paydo bo‘lgan. Yulduzlarni kuzatish, dehqonchilik taqvimi tuzish, irrigatsiya tizimlarini yaratish orqali ilmiy bilimlar shakllana boshlagan. Yunon faylasuflari – Fales, Aristotel, Arximed kabi olimlar tabiat hodisalarini tushuntirishga harakat qilganlar.

O‘rta asrlarda ilm-fan ko‘proq diniy qarashlar ta’sirida rivojlangan. Sharq olimlari – Muhammad al-Xorazmiy, Abu Rayhon Beruniy, Ibn Sino,

Ulug‘bek ilm-fanni yuqori darajaga olib chiqqanlar. Matematika, astronomiya, tibbiyot va mexanika sohalarida yirik kashfiyotlar qilingan.

Uyg‘onish davri (XIV–XVI asrlar) Yevropada ilm-fan mustaqil rivojlana boshladi. Leonardo da Vinchi, Kopernik, Galiley, Kepler singari olimlar yangi ilmiy g‘oyalarni ilgari surdilar. Eksperiment va kuzatish ilm-fanning asosiy usuliga aylandi.

Yangi davr (XVII–XIX asrlar) da Isaak Nyutonning mexanika va gravitatsiya qonunlari ilm-fan taraqqiyotida inqilob qildi. Kimyo, biologiya, fizika fanlari mustaqil yo‘nalish sifatida shakllandi. Sanoat inqilobi fan va texnikaning amaliy qo‘llanishini kuchaytirdi. Nisbiylik nazariyasi (A.Eynshteyn), kvant mexanikasi, genetika, kibernetika rivojlandi. Kompyuter texnologiyalari, sun’iy intellekt, biotexnologiya ilm-fanning yangi bosqichini boshlab berdi. Ilm-fan global muammolar – ekologiya, energiya resurslari, tibbiyot va kosmik tadqiqotlarda hal qiluvchi ahamiyat kasb etdi.

Fanning rivojlanish tarixi insoniyat tafakkurining evolyutsiyasi bilan chambarchas bog‘liq. Qadimgi davr kuzatuvlari va amaliy tajribalaridan tortib, zamonaviy yadro fizikasi va sun’iy intellektgacha bo‘lgan jarayon ilm-fan qanchalik ulkan yo‘lni bosib o‘tganini ko‘rsatadi. Bugungi kunda ilm-fan jamiyat taraqqiyotining asosiy omili sifatida insoniyat kelajagini belgilab bermoqda.

1.2-§. Ilmiy-tadqiqot usullari va eksperimental rejalashtirish fanining maqsadi

Ilmiy-tadqiqot usullari va eksperimental rejalashtirish fani — zamonaviy ilmiy faoliyatning nazariy hamda amaliy yo‘nalishlarini o‘zida mujassam etgan muhim o‘quv fanidir. Ushbu fan talabalarga ilmiy izlanishlarni olib borish jarayonida qo‘llaniladigan metodologik yondashuvlar, tadqiqot bosqichlari, tajriba o‘tkazish prinsiplari va uni ilmiy asosda rejalashtirish bo‘yicha zarur bilim va ko‘nikmalarni beradi.

Fanning asosiy maqsadi — talabalarni ilmiy faoliyatga tayyorlash, ularning mustaqil tadqiqot olib borish salohiyatini rivojlantirishdan iborat.

1. Ilmiy izlanish ko‘nikmalarini shakllantirish. Talabalarda ilmiy muammoni aniqlash, gipoteza ilgari surish, tegishli tadqiqot metodlarini tanlash hamda olingan natijalarni ilmiy tahlil qilish va umumlashtirish malakalarini rivojlantirish.

2. Eksperimental rejalashtirishni o‘rgatish. Tajribalarni puxta tashkil etish, natijalarning ishonchliligini ta’minlash hamda eng maqbul rejalashtirish usullaridan foydalanish orqali ilmiy tajribalar samaradorligini oshirish.

3.Ilmiy metodologiyani o‘zlashtirish. Talabalarga metodologiya va metodika farqi, ilmiy izlanishning nazariy va amaliy asoslari haqida chuqur bilim berish.

4.Amaliyotga yo‘naltirilgan yondashuv. Ilmiy natijalarni ishlab chiqarish, qishloq xo‘jaligi, texnika va texnologiyaga tatbiq etish uchun zarur bilimlarni berish.

5. Tizimli fikrlashni shakllantirish. Tadqiqot jarayonida nazariya, kuzatish va eksperiment o‘zaro uyg‘unlikda olib boriladi. Bu esa talabalarda mantiqiy hamda tanqidiy fikrlash qobiliyatlarini rivojlantiradi, ilmiy muammolarga tahliliy yondashish malakasini shakllantiradi.

“Ilmiy-tadqiqot usullari va eksperimental rejalashtirish” fanining asosiy maqsadi — bo‘lajak tadqiqotchilarni ilmiy faoliyatni samarali olib borishga tayyorlash, ularga zarur nazariy bilimlar va amaliy ko‘nikmalarni berishdir. Mazkur fan ilmiy muammolarni hal etish, tajriba ishlarini rejalashtirish hamda olingan natijalarni amaliyotda qo‘llash uchun mustahkam ilmiy asos yaratadi.

1.3-§. Ilmiy-tadqiqot usullari va eksperimental rejalashtirish fanining vazifalari

Ilmiy-tadqiqot usullari va eksperimental rejalashtirish fani talabalarning ilmiy tafakkurini shakllantirishda va ularni mustaqil izlanishlarga tayyorlashda muhim ahamiyat kasb etadi. Ushbu fan orqali talabalar ilmiy fikrlash madaniyatini egallaydi, nazariy bilimlarni amaliy jarayonlarga tatbiq etish, eksperimental natijalarni tahlil qilish va ularni amaliyotga tadbiq etish bo‘yicha zarur malakalarni hosil qiladilar. Fanning vazifalari uning maqsadini ro‘yobga chiqarishga xizmat qiladi. Ular orqali talabalar ilmiy izlanishning nazariy va amaliy jihatlarini o‘zlashtiradilar, ilmiy tajriba o‘tkazishning zamonaviy metodlarini qo‘llashni o‘rganadilar.

Fanning asosiy vazifalari

1. Ilmiy muammolarni aniqlashni o‘rgatish. Talabalarda muammoni to‘g‘ri qo‘yish, ilmiy masalani shakllantirish va tadqiqot obyekti hamda predmetini aniqlash ko‘nikmalarini rivojlantirish.

2. Adabiyotlarni tahlil qilish va nazariy tayyorgarlik. Ilmiy manbalarni izlab topish, ularni o‘rganish, solishtirish va tahlil qilish ko‘nikmalarini shakllantirish.

3. Ilmiy gipotezalarni ishlab chiqishga tayyorlash Talabalarga muammoni hal qilish bo‘yicha ilmiy taxmin (gipoteza) tuzish va uni tadqiqot jarayonida sinab ko‘rishni o‘rgatish.

4. Eksperimental rejalashtirishni o‘rgatish. Tajribalarni puxta va samarali tashkil etish, natijalarning ishonchliligini ta’minlash uchun statistik hamda matematik tahlil usullaridan foydalana olish ko‘nikmalarini rivojlantirish.

5. Ilmiy uslublardan foydalanishni o‘rgatish. Talabalarda ilmiy izlanishlar jarayonida to‘g‘ri metod tanlash, ularni amaliyotda qo‘llash va ilmiy xulosalar chiqarishda metodologik yondashuvlardan samarali foydalanish malakasini shakllantirish.

6. Kuzatish, tajriba, matematik modellash, statistik tahlil kabi metodlarni qo‘llash malakasini berish.

7. Natijalarni qayta ishlash va umumlashtirish. Talabalarda eksperiment natijalarini qayd etish, tahlil qilish, grafik va jadval ko‘rinishida ifodalash hamda xulosalar chiqarish ko‘nikmalarini rivojlantirish.

8. Ilmiy ishni rasmiylashtirishni o‘rgatish. Talabalarni maqola, kurs ishi, dissertatsiya yoki hisobot shaklida ilmiy ishni yozish va taqdim etishga tayyorlash.

9. Amaliyotga yo‘naltirish. Olingan ilmiy natijalarni ishlab chiqarish, qishloq xo‘jaligi, texnika va boshqa sohalarda tatbiq etishning amaliy ko‘nikmalarini hosil qilish.

Ilmiy-tadqiqot usullari va eksperimental rejalashtirish fanining vazifasi — talabalarda nazariy bilim va amaliy ko‘nikmalarni uzviy uyg‘unlikda shakllantirish, ularni mustaqil ilmiy faoliyatga tayyorlash hamda olingan natijalarni jamiyat taraqqiyotiga samarali yo‘naltirishdan iborat. Ushbu vazifalar fanni nafaqat nazariy, balki amaliy ahamiyatga ega qilishga xizmat qiladi.

1.4-§. Ilmiy-tadqiqot usullari va eksperimental rejalashtirish fanining strukturasi

Ilm-fan taraqqiyoti insoniyat rivojining har bir bosqichida muhim o‘rin egallab kelgan. Ilmiy bilimlarni chuqur o‘rganish, ularni tizimlashtirish va amaliy hayotga tatbiq etish jarayoni jamiyat taraqqiyotining asosiy harakatlantiruvchi kuchlaridan biridir. Ilmiy-tadqiqot faoliyati esa ana shu bilimlarni yaratish, tahlil qilish va ularni insoniyat manfaati yo‘lida qo‘llashning eng samarali vositasi hisoblanadi va faoliyatining asosiy maqsadidir. Bu jarayonni to‘g‘ri tashkil etish, tajribalarni puxta rejalashtirish va ishonchli natijalarga erishish uchun maxsus fanlar mavjud bo‘lib, ulardan biri — **“Ilmiy-tadqiqot usullari va eksperimental rejalashtirish”** fanidir.

Mazkur fan ilmiy faoliyatni tizimli yo‘lga qo‘yish, ilmiy usullarni qo‘llash va tajribalarni ilmiy asosda tashkil etishni o‘rgatadi. Fanning **strukturasi** deganda, uning asosiy bo‘limlari, tarkibiy qismlari va yo‘nalishlari tushuniladi. Strukturani o‘rganish orqali biz fan nimani o‘rgatishini, qanday bilim va ko‘nikmalar berishini aniq tasavvur qila olamiz.

1. Nazariy asoslar . Bu bo‘lim fanning poydevorini tashkil etadi. Unda:

- **Ilmiy bilim tushunchasi**, uning mohiyati, turlari (empirik, nazariy, amaliy, fundamental, tadbiqiy) va xususiyatlari o‘rganiladi.
- **Metodologiya va metodika** tushunchalari farqlanadi. Metodologiya – ilmiy izlanishning nazariy konsepsiyasi, metodika esa – aniq tadqiqot o‘tkazish usullari majmuasi sifatida yoritiladi.
- **Ilmiy faoliyat bosqichlari** — muammoni belgilash, mavjud adabiyotlarni tahlil qilish, ilmiy gipoteza ishlab chiqish, tajriba o‘tkazish, olingan natijalarni tahlil va umumlashtirish, shuningdek ularni amaliyotga joriy etish jarayonlarini izchil tarzda o‘rganish va tushuntirishdan iborat. Bu bo‘lim ilmiy faoliyatning umumiy mohiyatini anglash imkonini beradi.

2. Ilmiy-tadqiqot usullari . Ilmiy faoliyatda qo‘llaniladigan asosiy usullar aynan shu bo‘limda yoritiladi:

- **Kuzatish** – hodisa va jarayonlarni tabiiy sharoitda bevosita o‘rganish.
- **Eksperiment** – sharoitlarni o‘zgartirib, nazorat ostida kuzatish.
- **Modellashtirish** – obyektni soddalashtirilgan shaklda aks ettirish.
- **Statistik va matematik tahlil** – ilmiy natijalarni qayta ishlash va umumlashtirish.

Shuningdek, “**Kuzatish – nazariya – eksperiment**” tizimi ilm-fan rivojining uzviy mexanizmi sifatida o‘rgatiladi. Bu yondashuvda nazariy

taxminlar kuzatuv va eksperiment bilan tekshiriladi, natijada ishonchli ilmiy xulosalar olinadi.

3. Eksperimental rejalashtirish. Fan strukturasi ichida eng muhim bo‘limlardan biri – tajribalarni to‘g‘ri tashkil etish va rejalashtirishdir.

- Tajribalarni ilmiy asosda qurish, omillarni aniqlash va nazorat qilish o‘rgatiladi.
- Statistik usullar yordamida tajribaning samaradorligini oshirish, xatoliklarni kamaytirish, ishonchlilikni ta’minlash yo‘llari o‘rgatiladi.
- Optimal reja tuzish, faktorial tajribalar, rejalashtirilgan tajribalar matritsasi kabi metodlar qo‘llaniladi.

Bu bo‘lim talabalarni mustaqil eksperiment o‘tkazishga tayyorlaydi.

4. Ilmiy tadqiqot jarayoni. Ilmiy faoliyatning amaliy jihatlari shu qismda o‘rganiladi:

- **Muammoni qo‘yish va adabiyotlarni o‘rganish**;
- **Gipoteza ishlab chiqish** va uni tekshirish usullarini tanlash;
- **Eksperimentni tashkil etish** va ma’lumotlarni yig‘ish;
- **Natijalarni qayta ishlash, grafik va jadval shaklida ifodalash**, umumiy xulosalar chiqarish.

5. Ilmiy faoliyatni rasmiylashtirish. Ilmiy natijalar yozma va og‘zaki shaklda taqdim etilishi kerak. Shu sababli, fan strukturasida quyidagilar muhim o‘rin tutadi:

- Ilmiy maqola yozish qoidalari.
- Dissertatsiya va kurs ishlarini rasmiylashtirish.
- Patent olish, ilmiy ishlanmani huquqiy jihatdan himoya qilish.
- Natijalarni konferensiya, seminar, davra suhbatida taqdim etish.

6. Amaliyot va innovatsiya. Fanning yakuniy qismi ilmiy natijalarni amaliyotga joriy etishga qaratilgan. Bu bo‘limda:

- Ilmiy natijalarni ishlab chiqarishga tatbiq etish, yangi texnologiyalar yaratish.
- Qishloq xo‘jaligi, sanoat, tibbiyot, ta’lim sohalarida ilmiy ishlanmalarni qo‘llash.
- Fan va jamiyat o‘rtasidagi aloqalarni kuchaytirish masalalari yoritiladi.

“Ilmiy-tadqiqot usullari va eksperimental rejalashtirish” fanining strukturasi o‘zaro bog‘liq bir nechta asosiy bo‘limlardan tashkil topgan: nazariy asoslar, tadqiqot usullari, eksperimental rejalashtirish, ilmiy jarayon, natijalarni rasmiylashtirish va amaliyotga joriy etish. Har bir bo‘lim o‘ziga xos vazifani bajarib, bir butun tizim sifatida talabalarning mustaqil ilmiy faoliyat yuritish ko‘nikmalarini shakllantiradi.

Shu bois, mazkur fan strukturasida nazariy bilimlar bilan bir qatorda amaliy tajribalar ham muhim o‘rin egallaydi. Bu esa fanni nafaqat o‘quv jarayonining bir qismi, balki jamiyat taraqqiyotiga xizmat qiluvchi ilmiy-amaliy yo‘nalish sifatida alohida ahamiyatga ega qiladi.

1.5-§. Ilmiy-tadqiqot usullari va eksperimental rejalashtirish fanining asosiy tushunchalari

Har qanday fan o‘zining asosiy tushunchalari, kategoriyalari va tamoyillariga ega bo‘ladi. Ular fanning ilmiy mazmunini ifodalaydi, tadqiqot yo‘nalishlarini belgilaydi va talabalarga mazkur yo‘nalishda ilmiy faoliyat yuritish imkonini beradi. “Ilmiy-tadqiqot usullari va eksperimental

rejalashtirish” fanining asosiy tushunchalarini chuqur o‘rganish, uni nazariy va amaliy jihatdan puxta o‘zlashtirishga yordam beradi. Quyida ushbu fanning muhim kategoriyalari va ularning mazmuni keng yoritiladi.

1. Ilm-fan — tabiat, jamiyat va tafakkur haqidagi tizimli bilimlar majmuasidir. U insoniyatning tajriba va kuzatuvlarga asoslangan umumiy bilimlarini birlashtiradi. Ilm-fanning asosiy xususiyatlari:

- ob’ektivlik,
- tizimlilik,
- izchillik va rivojlanish.

Ilm-fan orqali insoniyat tabiat qonunlarini anglaydi, ijtimoiy jarayonlarni o‘rganadi va hayotni yaxshilashga xizmat qiladigan texnologiyalar yaratadi.

2. Nazariya — hodisalar mohiyatini tushuntiruvchi umumlashtirilgan bilimlar tizimi. U faqatgina faktlarga asoslanib qolmay, balki ularni tushuntiradi va kelajakda yuz beradigan hodisalarni oldindan bashorat qiladi. Fizikada *N’yuton mexanikasi* yoki *Eynshteynning nisbiylik nazariyasi* ilmiy bilimlarning asosiy tayanchini tashkil etadi.Har qanday ilmiy tadqiqot nazariy asosga ega bo‘lmas ekan, u mukammal bo‘la olmaydi.

3. Eksperiment — ilmiy gipotezani tasdiqlash yoki yangi bilimlarni kashf etish maqsadida, maxsus belgilangan sharoitlarda amalga oshiriladigan tajriba hisoblanadi. Eksperiment ilm-fanning eng muhim bosqichlaridan biri bo‘lib, nazariy farazlarni amaliy sinovdan o‘tkazish imkonini beradi.

Eksperiment turlari: laboratoriya tajribasi, tabiiy sharoitdagi tajriba, modellashtirish orqali o‘tkaziladigan tajribadan iborat. Uning asosiy

afzalligi – *kuzatishdan farqli o‘laroq*, tadqiqotchi sharoitlarni o‘zi boshqarishi mumkin.

4. Fundamental fan — ilmiy bilimning nazariy asoslarini shakllantiradi, tabiat va jamiyat qonuniyatlarini chuqur o‘rganadi. Masalan, matematika, fizika, kimyo, biologiya, falsafa kabi fanlar fundamental hisoblanadi. Ularning asosiy vazifasi – amaliy muammolarni bevosita hal qilish emas, balki ilmiy bilimning ildizlarini mustahkamlashdir.

Fundamental fanlar bo‘lmasa, amaliy fanlar rivojlanishi mumkin emas, chunki ular nazariy asosga muhtoj.

5. Tadbiqiy fan — muayyan amaliy muammolarni hal qilishga qaratilgan ilmiy faoliyat turi. Qishloq xo‘jaligi, muhandislik, tibbiyot yoki texnika fanlari tadbiqiy fanlarga kiradi. Ularning vazifasi – fundamental bilimlar asosida ishlab chiqarish jarayonlarini takomillashtirish, texnologiyalarni rivojlantirish va ijtimoiy muammolarni yechishdir.

6. Ilmiy ishlanma — ilmiy natijalar asosida yaratilgan texnik yoki texnologik yangilikdir. Bu fanning amaliy samarasini ifodalaydi. Yaangi turdagi irrigatsiya tizimi, energiya tejovchi qurilmalar yoki farmatsevtik preparatlar. Ilmiy ishlanmalar jamiyat rivojida katta rol o‘ynaydi, chunki ular bevosita ishlab chiqarish va kundalik hayotga tatbiq etiladi.

7. Ilmiy uslub — tadqiqot jarayonida qo‘llaniladigan metod va yondashuvlar tizimi. Bu fanning asosiy metodologik tayanchi hisoblanadi. Unga kuzatish, eksperiment, matematik modellashtirish, statistik tahlil, solishtirish va umumlashtirish kabi usullar kiradi. Ilmiy uslub tadqiqot natijalarining ishonchliligini ta’minlaydi va xatoliklarni kamaytiradi.

8. Professionalizm — ilmiy faoliyatni samarali olib borish uchun zarur bo‘lgan bilim, ko‘nikma va tajribalar majmuasi.U faqat nazariy bilim bilan

cheklanmaydi, balki amaliy tajribani ham o‘z ichiga oladi. Professionalizmning asosiy ko‘rsatkichlari: mas’uliyat, ilmiy halollik, ijodiy yondashuv, mustaqil qaror qabul qilish qobiliyati.

“Ilmiy-tadqiqot usullari va eksperimental rejalashtirish” fanining asosiy tushunchalari ilmiy faoliyatning nazariy va amaliy poydevorini tashkil etadi. Ilm-fan, nazariya, eksperiment, fundamental va tadbiqiy fanlar, ilmiy ishlanma, ilmiy uslub hamda professionalizm — bularning barchasi o‘zaro chambarchas bog‘langan bo‘lib, zamonaviy ilmiy izlanishlarning muvaffaqiyatini ta’minlashga xizmat qiladi.

Shu boisdan, mazkur tushunchalarni chuqur o‘rganish nafaqat talabalar uchun, balki har bir tadqiqotchi uchun ham zaruriy shart hisoblanadi. Ular ilmiy ishning to‘g‘ri yo‘nalishini belgilashda, natijalarni samarali qo‘llashda va jamiyat taraqqiyotiga hissa qo‘shishda muhim o‘rin tutadi.

1.6-§. Ilmiy-tadqiqot usullari va eksperimental rejalashtirish fanida ilmiy faoliyatning o‘rganish bosqichlari

Ilmiy faoliyat murakkab va izchil jarayondan iborat bo‘lib, uning samaradorligi ko‘p jihatdan tadqiqot bosqichlarining to‘g‘ri tashkil etilishiga bog‘liq. Har bir bosqich o‘zining alohida vazifasiga ega bo‘lib, ularning o‘zaro uyg‘unligi ilmiy natijaning sifatini belgilaydi. “Ilmiy-tadqiqot usullari va eksperimental rejalashtirish” fanida ilmiy faoliyatni o‘rganishning muhim bosqichlari quyidagilar hisoblanadi.

1. Muammoni aniqlash. Ilmiy faoliyatning birinchi bosqichi — tadqiqot muammosini to‘g‘ri aniqlashdir. Muammo ilmiy asosga ega bo‘lishi, amaliy va nazariy ahamiyat kasb etishi kerak. Masalan, qishloq

xo‘jaligida “hosildorlikni oshirish uchun suvdan foydalanish samaradorligini qanday oshirish mumkin?” kabi savollar muammo sifatida qo‘yiladi. To‘g‘ri qo‘yilgan muammo keyingi bosqichlarning muvaffaqiyatini ta’minlaydi.

2. Adabiyotlarni tahlil qilish. Tadqiqotchi mavjud ilmiy adabiyotlarni, maqolalarni, statistik ma’lumotlarni va ilgari bajarilgan ishlanmalarni o‘rganadi. Bu bosqichda muammo bo‘yicha hozirgacha qilingan ishlar aniqlanadi. Ilmiy yangilikni belgilash va takrorlanishning oldini olish mumkin bo‘ladi. Adabiyotlarni tahlil qilish ilmiy tadqiqotning nazariy asosini mustahkamlaydi.

3. Gipoteza ishlab chiqish. Gipoteza — bu muammoni hal etish bo‘yicha ilmiy asoslangan taxmindir. Gipoteza tajribalar va kuzatuvlar orqali tekshirilishi kerak. Masalan, “agar sug‘orish jarayonida suvni bosimli purkash usulidan foydalanilsa, suv tejaladi va hosildorlik oshadi” degan fikr gipoteza bo‘lishi mumkin. Gipoteza keyingi eksperimentlarning yo‘nalishini belgilab beradi.

4. ***Eksperimentni rejalashtirish va o‘tkazish.*** Bu bosqichda tadqiqotchi gipotezani sinab ko‘rish uchun maxsus sharoitlarda tajribalarni tashkil qiladi. Eksperimentni rejalashtirishda tajriba obyekti, shart-sharoitlar, asbob-uskunalar va kuzatish mezonlari belgilanadi. Eksperiment jarayonida aniq, ishonchli va takroriy natijalar olishga e’tibor qaratiladi. Tajriba nazorat va tajriba guruhlari orqali olib borilishi mumkin.

5. Natijalarni qayta ishlash va umumlashtirish. Eksperimentdan olingan ma’lumotlar statistik usullar yordamida qayta ishlanadi. Bu bosqichda o‘lchov natijalari tahlil qilinadi, grafik va jadvallar tuziladi. Qayta ishlash orqali gipotezaning tasdig‘i yoki rad etilishi aniqlanadi.

Umumlashtirish natijalarning ilmiy asoslangan xulosalarini chiqarishga yordam beradi.

***6. Xulosa chiqarish va amaliyotga tatbiq etish*.** Ilmiy faoliyatning yakuniy bosqichi – tadqiqot natijalaridan xulosa chiqarish va ularni amaliyotga tatbiq etishdir. Xulosalar ilmiy maqola, dissertatsiya, hisobot yoki patent ko‘rinishida rasmiylashtiriladi. Amaliyotga tatbiq etilgan natijalar ishlab chiqarishni rivojlantirish, texnologiyalarni takomillashtirish yoki ijtimoiy muammolarni hal qilishga xizmat qiladi. Bu bosqichda ilmiy natija jamiyat hayotida real samara berishi bilan o‘z ahamiyatini namoyon qiladi.

Ilmiy faoliyat bosqichlari — muammoni aniqlashdan tortib natijalarni amaliyotga tatbiq etishgacha bo‘lgan uzluksiz va izchil jarayondir. Har bir bosqichning to‘g‘ri bajarilishi ilmiy tadqiqotning muvaffaqiyatini ta’minlaydi. Shunday qilib, ilmiy faoliyat nafaqat nazariy bilimlarni shakllantiradi, balki amaliy hayotda ham katta ahamiyat kasb etadi.

1.7-§. “Kuzatish – nazariya – eksperiment” tizimi ilmiy tadqiqotda

Ilmiy tadqiqotning eng muhim xususiyati uning izchil va tizimli ravishda olib borilishidir. Har qanday ilmiy faoliyat uch asosiy bo‘g‘in – *kuzatish, nazariya va eksperiment* – asosida shakllanadi. Bu bo‘g‘inlarning uyg‘unligi ilmiy natijaning ishonchliligi va amaliy ahamiyatini ta’minlaydi. “Kuzatish – nazariya – eksperiment” tizimi nafaqat nazariy fanlarda, balki texnika, qishloq xo‘jaligi, tibbiyot, muhandislik kabi amaliy sohalarda ham o‘z ahamiyatini namoyon etadi.

1. Kuzatish. Kuzatish ilmiy tadqiqotning boshlang‘ich bosqichidir. U hodisalarni tabiiy sharoitda yoki tajriba davomida maxsus asbob-uskunalar yordamida qayd etish jarayonidir. Kuzatish yordamida faktlar yig‘iladi, muammoning mavjudligi aniqlanadi va dastlabki gipotezaga zamin yaratiladi. Masalan, qishloq xo‘jaligida suv taqchilligi sharoitida ekinlarning o‘sishidagi o‘zgarishlarni muntazam kuzatish muammoni aniqlashga yordam beradi. Kuzatishning asosiy afzalligi — u bevosita voqelikdan olinadigan ob’ektiv ma’lumotlarga asoslanadi.

2. Nazariya. Nazariya — ilmiy tadqiqotning ikkinchi bosqichi bo‘lib, kuzatish orqali olingan ma’lumotlarni umumlashtirish va tushuntirish asosida shakllanadi. Nazariya faktlarni tartibga soladi, ular o‘rtasidagi sabab-oqibat bog‘lanishlarini ochib beradi. U gipoteza shaklida ilgari suriladi va keyinchalik eksperiment orqali tekshiriladi. Mexanizatsiya sohasida “agar sug‘orishda bosimli purkagichlardan foydalanilsa, suv sarfi kamayadi va hosildorlik oshadi” degan ilmiy qarash nazariya sifatida ilgari surilishi mumkin.

Nazariya ilmiy bilimning yuqori shakli bo‘lib, u nafaqat mavjud hodisalarni tushuntiradi, balki kelajakdagi jarayonlarni ham bashorat qiladi.

3. Eksperiment — kuzatish va nazariyani amaliy sinovdan o‘tkazish bosqichidir. U gipotezani tekshirish, nazariy taxminni tasdiqlash yoki rad etish maqsadida o‘tkaziladi. Eksperiment maxsus sharoitlarda olib boriladi, bunda tadqiqotchi hodisani boshqarishi, sharoitlarni o‘zgartirishi mumkin. Turli sug‘orish texnologiyalarini qo‘llash orqali suv sarfi va hosildorlikning o‘zgarishini eksperimental tekshirish mumkin.

Eksperiment natijalari statistik qayta ishlash va tahlil qilinishi orqali ilmiy asoslangan xulosalarga olib keladi.

4. “Kuzatish – nazariya – eksperiment” tizimining ahamiyati. Bu tizim ilmiy tadqiqotning mantiqiy asosini tashkil qiladi:

- *Kuzatish* — faktlarni yig‘adi.
- *Nazariya* — faktlarni umumlashtiradi va tushuntiradi.
- *Eksperiment* — nazariyani amaliy sinovdan o‘tkazadi.

Ularning o‘zaro bog‘liqligi quyidagicha ifodalanadi:

1. Kuzatishsiz nazariya yaratilmaydi.
2. Nazariyasiz eksperimentning ilmiy asoslari bo‘lmaydi.
3. Eksperimentsiz nazariya tasdiqlanmagan taxmin bo‘lib qoladi.

Shunday qilib, “kuzatish – nazariya – eksperiment” tizimi ilm-fanning ob’ektivligi, ishonchliligi va rivojlanishiga xizmat qiladi.

Ilmiy tadqiqot jarayonida kuzatish, nazariya va eksperiment bir-birini to‘ldiruvchi uch asosiy bo‘g‘in hisoblanadi. Ularning uyg‘unligi natijasida yangi bilimlar yaratiladi, ilmiy gipotezalar tekshiriladi va amaliyotga tatbiq etiladigan ilmiy ishlanmalar yuzaga keladi. Shu sababli, “kuzatish – nazariya – eksperiment” tizimi ilmiy izlanishning universal va ajralmas tamoyili hisoblanadi.

Takrorlash uchun savollar

1. “Ilmiy-tadqiqot usullari va eksperimental rejalashtirish” fanining asosiy maqsadi nimalardan iborat?
2. Ushbu fan qanday tarixiy bosqichlarda shakllangan va rivojlangan? Tarixiy davrlarni tartib bilan sanab bering.
3. Qadimgi davr, O‘rta asrlar va Uyg‘onish davrida ilmiy metodlarga qanday yondashilgan?
4. XX asrda ilmiy tadqiqot metodologiyasiga qanday yangiliklar kiritildi?

5. Zamonaviy davrda ilmiy tadqiqot metodlarini rivojlantirishda qaysi texnologiyalar yetakchi o‘rin tutmoqda?

6. Fanning vazifalaridan uchtasini sanab bering va ularning mohiyatini tushuntiring.

7. Ilmiy-tadqiqot fanining strukturasi qanday qismlardan tashkil topgan?

8. Ilm-fan va nazariya tushunchalarini izohlab bering. Ularning o‘zaro bog‘liqligi nimada?

9. Fundamental fan va tadbiqiy fan o‘rtasidagi asosiy farq nimada?

10. Ilmiy faoliyatning o‘rganish bosqichlari qaysilar va ular qanday ketma-ketlikda amalga oshiriladi?

11.“Kuzatish – nazariya – eksperiment” tizimining mazmunini tushuntiring. U ilmiy tadqiqot jarayonida qanday rol o‘ynaydi?

12. Ilmiy uslub va professionalizm tushunchalarini izohlab bering. Ular samarali ilmiy faoliyat uchun qanday ahamiyatga ega?

II BOB. ILMNING TIZIMLIK TAVSIFI. MASHINALARNING “YASHASH” SIKLI VA INNOVATSION FAOLIYAT

Ilm — bu insoniyatning tafakkuri, tajribasi va amaliy faoliyati natijasida shakllangan, tabiat, jamiyat va texnika hodisalarini o‘rganishga yo‘naltirilgan bilimlar tizimidir. Insoniyat taraqqiyoti davomida ilm har doim harakatlantiruvchi kuch, yangiliklar manbai va texnologik rivojlanishning asosi bo‘lib kelgan. Har bir ilmiy kashfiyot, yangi g‘oya yoki texnik yechim inson tafakkurining yuksak mahsuli sifatida jamiyat rivojiga o‘z hissasini qo‘shadi.

Ilmiy faoliyatning asosiy maqsadi — mavjud muammolarni tahlil qilish, ularni nazariy va amaliy jihatdan hal etish, hamda inson hayotini yengillashtiruvchi, ishlab chiqarishni samarali qiluvchi texnologiyalarni yaratishdan iboratdir. Shu sababli ilm faqat bilimlar majmui emas, balki ularni shakllantirish, tekshirish, baholash va amaliyotga joriy etish jarayonlarini o‘z ichiga olgan murakkab tizimdir.

Bugungi kunda fan va texnika uzviy bog‘liq holda rivojlanmoqda. Texnik taraqqiyotning har bir bosqichi yangi ilmiy bilimlar bilan qo‘llab-quvvatlanadi, har bir ilmiy yutuq esa yangi texnologiyalar, mashinalar va uskunalar yaratilishiga turtki beradi. Ayniqsa, mashinasozlik sohasida ilmiy-tadqiqot ishlari, texnologik innovatsiyalar va ishlab chiqarish jarayonlari bir-biriga chambarchas bog‘langan.

Mashinalarning **“yashash sikli”** tushunchasi ana shu ilmiy va texnik bog‘liqlikni ifodalaydi. U mashina g‘oyasining paydo bo‘lishidan tortib, uni ishlab chiqish, sinovdan o‘tkazish, ishlab chiqarish, foydalanish, ta’mirlash va yangilashgacha bo‘lgan barcha bosqichlarni o‘z ichiga oladi. Bu

jarayonning har bir bosqichi ilmiy asosda tashkil etilmasa, mashinaning samaradorligi, iqtisodiyligi va ishonchliligi ta’minlanmaydi.

Shu bilan birga, zamonaviy ishlab chiqarish jarayonlarida innovatsion faoliyatning ahamiyati yanada ortib bormoqda. Innovatsiyalar – bu ilmiy natijalarni yangi mahsulot, texnologiya yoki xizmatga aylantirish jarayonidir. Innovatsion yondashuvsiz texnik taraqqiyot sekinlashadi, ishlab chiqarish raqobatbardoshligini yo‘qotadi.

Mazkur mavzu ilmni tizim sifatida o‘rganish, mashinalarning yashash siklini tahlil qilish hamda innovatsion faoliyatning ishlab chiqarishdagi rolini chuqurroq yoritishga qaratilgan. Mavzuning amaliy ahamiyati shundaki, u talabalar va muhandislar uchun ilmiy tafakkurni rivojlantirish, texnik ob’ektlarning hayotiy sikllarini chuqur anglash hamda innovatsion loyihalarni samarali rejalashtirish va amalga oshirish ko‘nikmalarini shakllantirish imkonini beradi.

2.1-§. Ilmning tizimlik tavsifi

Ilm o‘z mohiyatiga ko‘ra murakkab, ko‘p bosqichli ijtimoiy-texnik tizim hisoblanadi. U jamiyatning intellektual salohiyatini ifodalovchi, insoniyat taraqqiyotining eng muhim harakatlantiruvchi kuchi sanaladi. Har qanday ilmiy faoliyatning asosi — tizimlilik, izchillik va mantiqiylik tamoyillariga tayanadi. Shu boisdan, ilmiy bilimlar oddiy faktlar to‘plami emas, balki ular o‘zaro bog‘liq elementlardan iborat yaxlit tizimni tashkil etadi.

Ilmiy tizim quyidagi tarkibiy qismlardan iborat bo‘ladi:

- **Statik holat** — bu mavjud ilmiy bilimlar, nazariyalar, qonuniyatlar, model va metodlarning jamlanmasidan iborat holatdir. Statik holatda

ilmiy tizim barqaror bo‘lib, ilgari to‘plangan tajriba, tadqiqot natijalari va isbotlangan nazariyalar saqlanadi. Bu bosqich ilmiy asos, nazariy poydevor vazifasini bajaradi. Masalan, mexanikaning Nyuton qonunlari, termodinamikada energiya saqlanish qonuni yoki biologiyada tabiiy tanlanish nazariyasi — ilmiy bilimlarning statik holatiga kiradi.

- **Dinamik holat** — bu ilmning rivojlanish, yangilanish va kengayish jarayonidir. Dinamik holatda yangi g‘oyalar paydo bo‘ladi, gipotezalar ilgari suriladi, tajribalar o‘tkaziladi, avvalgi nazariyalar qayta ko‘rib chiqiladi. Bu jarayon doimiy izlanish va o‘zgarishlar orqali sodir bo‘ladi. Dinamik rivojlanish natijasida fan yangi yo‘nalishlarga bo‘linadi, turli sohalar bir-biri bilan integratsiyalanadi, natijada yangi tarmoqlar — masalan, bioinformatika, nanofizika, agrotexnologiya kabi sohalar vujudga keladi.
- **Shakllanish bosqichlari** — ilmning rivojlanishidagi izchil jarayonlarni o‘z ichiga oladi. U odatda quyidagi bosqichlardan tashkil topadi:
    1. **Ilmiy g‘oyaning paydo bo‘lishi** — muammo yoki hodisa haqida dastlabki fikr va taxmin shakllanadi;
    2. **Gipoteza yaratish** — muammoni yechish yo‘lini ilmiy taxmin tarzida ifodalash;
    3. **Tajriba o‘tkazish** — gipotezani tekshirish uchun eksperimentlar o‘tkazish, natijalarni kuzatish;
    4. **Tahlil va xulosa chiqarish** — tajriba natijalarini qayta ishlash, nazariy asoslash va xulosa chiqarish;

5. **Amaliyotga joriy etish** — olingan ilmiy natijalarni ishlab chiqarish, texnologik yoki ijtimoiy hayotga tatbiq etish.

Ilmiy tizimning samarali ishlashi uchun uni tashkil etuvchi muhim omillar mavjud. Bular — ilmiy muassasalar, ilmiy laboratoriyalar, tadqiqot markazlari, oliy o‘quv yurtlari, moliyaviy manbalar va boshqaruv tizimlaridir. Ayniqsa, ilmiy jarayonni boshqarish, rejalashtirish va moliyalashtirish mexanizmlari fan rivojining muhim shartidir.

Shuningdek, yuqori malakali ilmiy kadrlarni tayyorlash va ularning uzluksiz malakasini oshirish ham ilmiy tizimning ajralmas qismidir. Chunki ilmning davomiyligi inson omiliga, ya’ni olimlar, tadqiqotchilar, muhandis va texnologlarning ijodiy salohiyatiga bevosita bog‘liq. Shu bois, ilmiy tizimni rivojlantirishda inson kapitaliga sarmoya kiritish, yosh olimlarni qo‘llab-quvvatlash, ilmiy muhitni shakllantirish eng muhim vazifalardan biridir.

Umuman olganda, ilm tizimi — bu o‘zaro bog‘liq elementlardan tashkil topgan, uzluksiz rivojlanib boruvchi, nazariya va amaliyot birligiga asoslangan yaxlit mexanizmdir. U jamiyat taraqqiyotining ilmiy asoslarini yaratadi, yangi texnologiyalarni ishlab chiqish uchun nazariy va metodik zamin hozirlaydi hamda insoniyatning intellektual yuksalishiga xizmat qiladi.

2.2-§. Mashinalarning “yashash” sikli

Mashinalarning “yashash” sikli — bu mashina yoki texnik qurilmaning g‘oya sifatida shakllanishidan tortib, u amaliyotda foydalanilgach, o‘z funksional imkoniyatlarini yo‘qotib, ishlatishdan chiqarilguniga qadar bo‘lgan to‘liq hayot davrini ifodalaydi. Ushbu tushuncha mashinasozlik,

avtomatlashtirish va innovatsion texnologiyalar sohalarida juda muhim ahamiyatga ega, chunki u mahsulotning iqtisodiy samaradorligi, ekologik xavfsizligi hamda uzoq muddatli ishlashini ta’minlaydi.

Mashinaning yashash sikli quyidagi asosiy bosqichlardan iborat bo‘ladi:

1. **Loyiha yaratish (dizayn va tadqiqot bosqichi).** Bu bosqich mashinaning kelajakdagi ko‘rinishini, texnik imkoniyatlarini va funksional xususiyatlarini aniqlash jarayonidir. Avvalo, mavjud ehtiyoj va talablar tahlil qilinadi, texnik topshiriq ishlab chiqiladi, dastlabki nazariy hisob-kitoblar bajariladi. Keyinchalik, mashinaning konstruktiv modeli yaratiladi, chizmalar tayyorlanadi va ilmiy asosda optimallashtirish ishlari olib boriladi. Shu bosqichda muhandislar, texnologlar va dizaynerlar birgalikda ishlaydi.
2. **Ishlab chiqish va sinovdan o‘tkazish.** Loyiha tayyor bo‘lgach, mashinaning tajriba nusxasi (prototipi) yaratiladi. Bu model turli ish sharoitlarida sinovdan o‘tkazilib, uning mustahkamligi, bardoshliligi, energiya samaradorligi va xavfsizligi tekshiriladi. Sinov natijalari asosida zarur o‘zgartirishlar kiritiladi, kamchiliklar bartaraf etiladi va yakuniy konstruktiv yechim ishlab chiqiladi.
3. **Ommaviy ishlab chiqarish.** Mashina sinovlardan muvaffaqiyatli o‘tgach, uni ommaviy ishlab chiqarish bosqichiga o‘tkazish mumkin bo‘ladi. Bu bosqichda ishlab chiqarish texnologiyasi, montaj jarayonlari, ishlab chiqarish jihozlari va nazorat tizimlari aniqlanadi. Sifat nazorati, texnik standartlarga rioya qilish va ishlab chiqarish tannarxini kamaytirish bu bosqichning asosiy vazifasidir.
4. **Ekspluatatsiya va texnik xizmat ko‘rsatish.** Mashina iste’molchiga yetkazilgach, u amaliyotda foydalanila boshlaydi. Ekspluatatsiya

bosqichida mashinaning samaradorligi, ish unumdorligi va texnik holati doimiy nazorat ostida bo‘ladi. Texnik xizmat ko‘rsatish — bu mashinaning uzoq muddatli va ishonchli ishlashini ta’minlaydigan rejali profilaktik ishlar majmuasidir. Muntazam parvarish, moylash, sozlash va qismlarni almashtirish mashina umrini uzaytiradi.

5. **Ta’mirlash va tiklash ishlari.** Uzoq muddatli foydalanish natijasida mashinaning ayrim qismlari ishdan chiqishi tabiiy holatdir. Shu sababli, ularni ta’mirlash, almashtirish yoki butunlay tiklash zarur bo‘ladi. Bu bosqich mashinaning texnik resursini tiklash, iqtisodiy jihatdan foydali muddatini uzaytirish imkonini beradi. Ba’zi hollarda mashina to‘liq rekonstruksiya qilinadi yoki modernizatsiya qilinadi, bu esa uni zamonaviy talablarga moslashtirishga xizmat qiladi.
6. **Utilizatsiya yoki yangilash.** Mashina texnik jihatdan eskirgach yoki ekspluatatsiya qilish iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq bo‘lmagach, u foydalanishdan chiqariladi. Bu jarayon **utilizatsiya** deb ataladi. Utilizatsiya jarayonida qayta ishlanadigan materiallar (metall, plastmassa, elektron komponentlar) ajratib olinadi, qolgan qismi esa ekologik xavfsiz usullar bilan yo‘q qilinadi. Ayrim hollarda esa mashina yangilanish (modernizatsiya) yo‘li bilan qayta ishlatishga yaroqli holatga keltiriladi.

Har bir bosqich o‘zaro uzviy bog‘langan bo‘lib, ularning har biri umumiy tizim samaradorligiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Agar loyihalash bosqichida xatolik yuz bersa, u ishlab chiqarish va ekspluatatsiya davrida muammolarga sabab bo‘ladi; texnik xizmat va ta’mirlashning sustligi esa mashinaning ishdan chiqish muddatini tezlashtiradi. Shu boisdan, “yashash

sikli” konsepsiyasi zamonaviy mashinasozlikda kompleks boshqaruv yondashuvi sifatida qaraladi.

Mashina hayot siklini to‘liq nazorat qilish, uni loyihadan tortib utilizatsiyagacha bo‘lgan barcha bosqichlarda optimallashtirish — bugungi kunda texnik fanlarning asosiy yo‘nalishlaridan biridir. Bu yondashuv mahsulot sifatini oshirish, ishlab chiqarish tannarxini kamaytirish, ekologik xavfsizlikni ta’minlash va raqobatbardoshlikni kuchaytirishga xizmat qiladi.

2.3-§. Innovatsion faoliyatning ahamiyati

Innovatsion faoliyat — bu yangi g‘oyalar, texnologiyalar, mahsulotlar, xizmat turlari yoki boshqaruv shakllarini yaratish, takomillashtirish va ularni amaliyotga samarali tatbiq etish jarayonidir. Innovatsiya atamasi lotincha “innovatio” so‘zidan olingan bo‘lib, “yangilik kiritish”, “yangilash” ma’nolarini anglatadi. Innovatsion faoliyatning mohiyati shundan iboratki, u mavjud ilmiy bilimlar asosida yangi iqtisodiy va texnologik yechimlarni yaratadi hamda ularni real ishlab chiqarish yoki xizmat ko‘rsatish tizimiga joriy etadi.

Bugungi kunda innovatsiyalar har qanday sohaning, ayniqsa, mashinasozlik va texnik ishlab chiqarish tarmoqlarining raqobatbardoshligini belgilovchi asosiy omillardan biri hisoblanadi. Chunki zamonaviy texnologiyalar, avtomatlashtirilgan tizimlar va energiya tejamkor uskunalarsiz ishlab chiqarishni yuqori darajada samarali tashkil etish imkonsiz.

Mashinasozlik sohasida innovatsion faoliyatning asosiy yo‘nalishlari quyidagilardan iborat:

- **Mahsulot sifatini oshirish** — yangi materiallar, ilg‘or ishlab chiqarish texnologiyalari va avtomatik boshqaruv tizimlari yordamida mashina va mexanizmlarning mustahkamligi, aniqligi hamda ishonchliligi oshiriladi. Masalan, raqamli boshqaruv (CNC) texnologiyasi asosidagi dastgohlar yoki robotlashtirilgan yig‘ish liniyalari yuqori aniqlikni ta’minlaydi.
- **Energiya sarfini kamaytirish** — energiya tejamkor dvigatellar, optimallashtirilgan uzatmalar tizimi va ilg‘or issiqlik almashinuv mexanizmlari orqali mashinalarning samaradorligi oshiriladi. Bu nafaqat ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytiradi, balki ekologik foyda ham keltiradi.
- **Ishlab chiqarish samaradorligini oshirish** — avtomatlashtirish, robotlashtirish va raqamli texnologiyalar (masalan, “aqlli zavodlar”, “sanoat 4.0” tizimlari) orqali ishlab chiqarish tezligi, aniqligi va mahsuldorligi ortadi. Natijada, inson mehnatiga bo‘lgan ehtiyoj qisqaradi, mahsulot sifati esa barqarorlashadi.
- **Ekologik xavfsizlikni ta’minlash** — chiqindilarni kamaytirish, qayta ishlash texnologiyalarini joriy etish, energiya manbalarini optimallashtirish orqali ishlab chiqarish jarayonining atrof-muhitga ta’siri kamayadi. Zamonaviy mashinalarda ekologik standartlarga mos dvigatellar va chiqindi filtrlash tizimlari keng qo‘llanmoqda.

Innovatsion faoliyatning muvaffaqiyatli amalga oshirilishi ko‘p omillarga bog‘liq. Eng avvalo, bu **ilmiy tadqiqotlar** va **tajriba-konstruktorlik ishlari (TKI)** bilan uzviy bog‘liq bo‘lishi lozim. Har qanday yangi mahsulot yoki texnologiya ilmiy asosga ega bo‘lmasa, u iqtisodiy samaradorlik bermaydi. Shu sababli, ilmiy tadqiqot institutlari,

oliy o‘quv yurtlari, ishlab chiqarish korxonalari va investorlar o‘rtasidagi hamkorlik muhim o‘rin tutadi.

Innovatsion jarayon, odatda, quyidagi asosiy bosqichlarda amalga oshiriladi:

1. **Ilmiy g‘oya paydo bo‘lishi** — yangi texnologiya yoki mahsulot haqida dastlabki fikr shakllanadi.
2. **Tadqiqot va tajriba ishlari** — g‘oya ilmiy jihatdan isbotlanadi, tajribalar o‘tkaziladi.
3. **Moliyalashtirish va tashkiliy qo‘llab-quvvatlash** — loyiha iqtisodiy asoslanadi va investorlar jalb qilinadi.
4. **Ishlab chiqarishga joriy etish** — yangi mahsulot yoki texnologiya amaliyotda sinovdan o‘tkaziladi va sanoat miqyosida qo‘llanadi.
5. **Natijalarni baholash va takomillashtirish** — joriy etilgan innovatsiyaning samaradorligi tahlil qilinadi, zarur hollarda optimallashtirish ishlari olib boriladi.

Innovatsion faoliyatning ahamiyati shundaki, u nafaqat iqtisodiy samaradorlikni oshiradi, balki ilmiy-texnik taraqqiyotni jadallashtiradi, ishlab chiqarish jarayonlarini modernizatsiya qiladi va yangi ish o‘rinlari yaratadi. Natijada mamlakatning raqobatbardoshligi ortadi, eksport salohiyati kuchayadi va barqaror iqtisodiy o‘sish ta’minlanadi.

Umuman olganda, innovatsiyalar — bu har qanday texnik tizimning “hayotiy energiyasi” bo‘lib, u ilmiy tafakkur, tajriba va amaliyotning uyg‘unlashuvi orqali yangi texnologik bosqichlarga yo‘l ochadi.

2.4-§. Ilmiy bilimlar klassifikatsiyasi va faoliyat xususiyatlari

Ilmiy bilimlar insoniyat taraqqiyotining eng muhim manbalaridan biridir. Ular mavjud hodisalarni o‘rganish, ularning qonuniyatlarini aniqlash va yangi texnologiyalarni yaratish imkonini beradi. Ilmiy bilimlar o‘zining obyekti, predmeti va tadqiqot uslublariga ko‘ra bir necha asosiy yo‘nalishlarga bo‘linadi.

Ilmiy bilimlarning asosiy turlari

1. **Tabiiy fanlar** – tabiatda kechadigan jarayonlarni, moddalar va energiyaning o‘zaro ta’sirini o‘rganadi. Bunga **fizika, kimyo, biologiya, geologiya, astronomiya** kabi fanlar kiradi. Ushbu fanlar tabiat qonunlarini aniqlash orqali texnik va ishlab chiqarish sohalarining rivojlanishiga asos yaratadi. Masalan, mexanika va termodinamika qonunlari mashinasozlikning nazariy asosini tashkil etadi.
2. **Texnik fanlar** – inson ehtiyojlarini qondirishga xizmat qiluvchi texnik vositalar, mashinalar va tizimlarni ishlab chiqish, ularni modernizatsiya qilish va samaradorligini oshirish bilan shug‘ullanadi. Bunga **mashinasozlik, energetika, avtomatika, axborot texnologiyalari** kiradi. Texnik fanlar tabiiy fanlarda yaratilgan nazariy bilimlarni amaliyotda qo‘llash orqali yangi texnologiyalarni vujudga keltiradi.
3. **Ijtimoiy fanlar** – jamiyat, inson faoliyati, ijtimoiy munosabatlar va iqtisodiy tizimlarni o‘rganadi. Ular ichiga **iqtisodiyot, sotsiologiya, pedagogika, falsafa, tarix** kabi fanlar kiradi. Ushbu yo‘nalish ijtimoiy jarayonlarni tahlil qilish, ularni boshqarish va takomillashtirishga qaratilgan.

Ilmiy faoliyatning asosiy xususiyatlari.

1. **Obyektivlik** – olim o‘z tadqiqotlarida shaxsiy fikr yoki manfaatlardan holi bo‘lishi, faqat ishonchli dalillar va kuzatuvlarga asoslanishi kerak.
2. **Tizimlilik** – ilmiy izlanishlar ma’lum tartib, bosqich va metodologiyaga asoslanadi. Har bir hodisa yoki tajriba umumiy tizimda o‘z o‘rniga ega bo‘ladi.
3. **Tajriba va kuzatuvga tayanish** – ilmiy bilimlar faqat nazariy mulohazalar emas, balki tajriba, o‘lchov va sinovlar bilan tasdiqlanadi.
4. **Takrorlanish imkoniyati** – har bir ilmiy natija boshqa tadqiqotchilar tomonidan ham qayta tekshirilganda bir xil natija berishi kerak.
5. **Amaliy qo‘llanilish** – ilmiy faoliyatning yakuniy maqsadi – natijalarni amaliyotda qo‘llash, ya’ni fan yutuqlarini texnik, ishlab chiqarish va ijtimoiy sohalarga joriy etishdir.
6. **Innovatsion yo‘nalish** – zamonaviy ilmiy faoliyat yangi g‘oyalar, usullar va texnologiyalar yaratishga qaratilgan bo‘lib, iqtisodiyot va jamiyatning raqobatbardoshligini oshiradi.

Ilmiy bilimlarning to‘g‘ri klassifikatsiyasi va ularni o‘zaro uyg‘un qo‘llash zamonaviy texnika, mashinasozlik hamda innovatsion jarayonlarning asosini tashkil etadi. Har bir yo‘nalish bir-birini to‘ldirib, insoniyat taraqqiyotining uzluksizligini ta’minlaydi. Shu bois, ilmiy faoliyatni tizimli tashkil etish va uni amaliyot bilan uzviy bog‘lash har qanday sohada muvaffaqiyatning garovidir.

Ilmning tizimli rivojlanishi har qanday jamiyatning iqtisodiy, texnologik va madaniy taraqqiyotida hal qiluvchi omil hisoblanadi. Ilm-fan insoniyat tafakkuri mahsuli sifatida tabiat qonuniyatlarini ochadi, ularni texnik va ishlab chiqarish jarayonlarida qo‘llash imkonini beradi. Ayniqsa,

mashinalarning to‘liq “yashash sikli”ni – ya’ni ularning loyihalanishidan tortib, ishlab chiqish, sinovdan o‘tkazish, ekspluatatsiya va utilizatsiya bosqichlarigacha bo‘lgan jarayonni – to‘liq va tizimli tarzda boshqarish bugungi kunda innovatsion taraqqiyotning eng muhim shartidir.

Mashinasozlikda har bir bosqichning o‘zaro uzviy bog‘liqligi samaradorlik, ishonchlilik va iqtisodiylikni ta’minlaydi. Loyiha bosqichida ilmiy izlanishlar asosida to‘g‘ri texnik yechim tanlanadi; ishlab chiqarish jarayonida texnologik intizom saqlanadi; ekspluatatsiya paytida esa texnik xizmat ko‘rsatish va ta’mirlash tizimi mashinaning umrini uzaytiradi. Bu jarayonlar o‘rtasidagi uzviylik yo‘qolsa, ishlab chiqarishdagi yo‘qotishlar, resurs sarfi va ekologik muammolar yuzaga keladi.

Innovatsion faoliyat esa bu tizimni birlashtiruvchi “drayver” sifatida namoyon bo‘ladi. Yangi texnologiyalarni joriy etish, mahsulot sifatini oshirish, energiya tejamkorlikni ta’minlash va ekologik xavfsizlikni kuchaytirish — bularning barchasi innovatsiyalar samarasi hisoblanadi. Shu bois ilmiy-tadqiqot ishlari, muhandislik izlanishlari va ishlab chiqarish amaliyotining integratsiyasi zamonaviy texnika rivojining poydevorini tashkil etadi.

Xulosa qilib aytganda, ilm, ishlab chiqarish va ta’mirlash tizimlarining uzviy aloqadorligi — bu nafaqat texnik tizimlarning, balki butun sanoatning barqaror ishlash kafolatidir. Innovatsion yondashuvlar asosida tashkil etilgan mashinasozlik jarayonlari mamlakatning raqobatbardoshligini oshiradi, yangi ish o‘rinlarini yaratadi va texnologik mustaqillikka erishishga xizmat qiladi. Shu sababli, ilmiy asoslangan boshqaruv, tizimli yondashuv va innovatsion fikrlash har bir texnik soha mutaxassisi uchun eng muhim ustuvor yo‘nalish bo‘lib qoladi.

Takrorlash uchun savollar

1. Ilm nima ва унинг jamiyat rivojlanishidagi o‘rni nimada namoyon bo‘ladi?
2. Ilm tizimi qanday asosiy tarkibiy qismlardan iborat? Ularning har biri nimalarni anglatadi?
3. Ilmning **statik** va **dinamik** holatlari o‘rtasidagi farq nimada?
4. Mashinalarning “yashash sikli” tushunchasi nimani anglatadi va u nechta bosqichdan iborat?
5. “Yashash sikli”dagi qaysi bosqichda ilmiy-tadqiqot ishlarining roli eng muhim bo‘ladi?
6. Innovatsion faoliyat deganda nima tushuniladi? Uning mashinasozlik sohasidagi ahamiyati nimada?
7. Innovatsiyalar mahsulot sifatini va ishlab chiqarish samaradorligini qanday oshiradi?
8. Ilmiy bilimlar qanday yo‘nalishlarga bo‘linadi? Har bir yo‘nalishga misol keltiring.
9. Ilmiy faoliyatning asosiy xususiyatlari nimalardan iborat va ularni izohlang.

III BOB. ILMIY TADQIQOT METODOLOGIYASI ASOSLARI

3.1-§. Ilmiy bilim tushunchasi

Insoniyat taraqqiyotida ilmiy bilim alohida o‘rin tutadi. Ilmiy bilim jamiyat rivoji, texnika va texnologiyalar taraqqiyoti, tabiat hodisalarini tushunish va ularni amaliyotda qo‘llashning muhim manbai hisoblanadi. Shuning uchun ilmiy bilim tushunchasini chuqur anglash va uning asosiy belgilarini o‘rganish ilmiy faoliyatning boshlang‘ich bosqichida juda muhimdir.

Ilmiy bilim – bu ***tabiat, jamiyat va tafakkur haqidagi obyektiv, asoslangan, tekshirilgan va tizimlashtirilgan bilimlar majmuasi****dir.*

Oddiy bilimdan farqli ravishda, ilmiy bilim dalillar va tajribalar bilan isbotlangan, tizimli va umumiy xulosalarga ega bo‘ladi.

Ilmiy bilimning asosiy belgilariga quyidagilar kiradi:

1. ***Obyektivlik*** – ilmiy bilim shaxsiy qarashlardan mustaqil bo‘lib, voqelikni qanday bo‘lsa shunday aks ettiradi.
2. ***Asoslilik*** – ilmiy bilim nazariy va amaliy dalillarga, isbotlangan faktlarga tayanadi.
3. ***Tekshirilganlik*** – ilmiy bilim tajriba yoki kuzatish orqali qayta-qayta sinab ko‘rilishi mumkin.
4. ***Tizimlilik*** – olingan bilimlar mantiqan tartiblangan, bir-biri bilan bog‘langan holda yaxlit tizimni tashkil qiladi.
5. ***Universallik*** – ilmiy bilimning natijalari turli fan sohalarida, ishlab chiqarishda yoki ijtimoiy hayotda qo‘llanishi mumkin.

Ilmiy bilim insoniyat tafakkurining eng yuqori bosqichidir. U obyektiv, asoslangan va tekshirilganligi bilan oddiy kundalik bilimlardan farq qiladi. Ilmiy bilimning asosiy belgilarini chuqur anglash, uni amaliy faoliyatga tatbiq etish va jamiyat hayotiga joriy qilish ilm-fan taraqqiyotining asosiy omilidir.

Ilmiy bilim xususiyatlari. Ilmiy bilim oddiy hayotiy bilimlardan farq qilib, maxsus ilmiy metodlar yordamida shakllanadi. Uning asosiy qiymati – obyektivlik va ishonchlilikka ega bo‘lishidir. Ilmiy bilim nafaqat nazariy jihatdan, balki amaliy sohalarda ham keng qo‘llanadi. Shu bois uning xususiyatlarini chuqur o‘rganish ilmiy faoliyatning muhim vazifalaridan biridir.

Ilmiy bilimning asosiy xususiyatlari

1. ***Obyektivlik.*** Ilmiy bilim hodisalar va jarayonlarni shaxsiy qarashlardan mustaqil, haqiqatga mos holda aks ettiradi. Bu xususiyat ilmiy bilimni subyektiv fikrlardan ajratib turadi va uni ishonchli manbaga aylantiradi.
2. ***Tizimlilik.*** Ilmiy bilimlar o‘zaro bog‘langan, mantiqan tartiblangan bo‘lib, yaxlit tizimni tashkil qiladi. Har bir yangi kashfiyot yoki ilmiy natija mavjud bilim tizimiga qo‘shiladi va uni yanada boyitadi.
3. ***Ishonchlilik.*** Ilmiy bilim tajribada tekshiriladi va natijalar qayta-qayta o‘tkazilgan sinovlarda tasdiqlanishi kerak. Aynan shu jihati tufayli ilmiy bilim barqaror va ishonchli bo‘lib qoladi.
4. ***Nazariy qo‘llanish imkoniyati.*** Ilmiy bilim nazariy model va tushunchalar yaratishga asos bo‘ladi. Shu orqali ilmiy bilim jamiyat rivoji uchun zarur bo‘lgan yangi g‘oyalar va konsepsiyalarni shakllantiradi.

5. ***Amaliy qo‘llanish imkoniyati.*** Ilmiy bilim ishlab chiqarish, texnologiya, tibbiyot, qishloq xo‘jaligi va ijtimoiy hayotda keng tatbiq etiladi. Uning amaliy natijalari inson hayotini yengillashtiradi, jamiyat taraqqiyotini ta’minlaydi.

Ilmiy bilimning xususiyatlari – obyektivlik, tizimlilik, ishonchlilik, nazariy va amaliy qo‘llanish imkoniyati uning jamiyatdagi o‘rnini belgilaydi. Ularning uyg‘unlashuvi ilmiy bilimni boshqa bilim turlaridan ajratib turadi va insoniyat taraqqiyotining bosh omili sifatida e’tirof etiladi.

3.2-§. Ilmiy bilimning turlari

Ilmiy bilim insoniyat tafakkurining yuqori mahsuli bo‘lib, u turli shakllarda namoyon bo‘ladi. Har bir tur o‘z vazifasi va qo‘llanish sohasi bilan ajralib turadi. Ilmiy bilimning turlarini bilish ilmiy faoliyatni to‘g‘ri yo‘naltirish va natijalarni samarali qo‘llash imkonini beradi.

***Ilmiy bilimning asosiy turlari*:**

1. ***Empirik bilim.*** Bu turdagi bilim *kuzatish, tajriba va sinovlar* asosida olinadi. Empirik bilim ko‘proq faktlar yig‘ish, hodisalarni bevosita kuzatish va ularni hujjatlashtirishga qaratilgan. Masalan, o‘simlikning kun davomida o‘sishini o‘lchash yoki fizik tajribalarni qayd etish.
2. ***Nazariy bilim.*** Empirik bilimlardan kelib chiqqan holda, hodisalar o‘rtasidagi *qonuniyatlarni umumlashtirish, modellash, gipoteza va nazariya yaratish* orqali shakllanadi. Nazariy bilim ilmiy asoslangan tushunchalar va konsepsiyalarni vujudga keltiradi.
3. ***Amaliy bilim.*** Bu turdagi bilim ishlab chiqarish, texnologiya va ijtimoiy hayotga bevosita tatbiq qilinadi. Masalan, qishloq xo‘jaligida

hosildorlikni oshirish usullarini ishlab chiqish yoki yangi davolash usullarini qo‘llash.

4. ***Fundamental bilim.*** Hodisalarning *mohiyatini ochib berish*, ularning chuqur nazariy asoslarini o‘rganishga qaratilgan. Fundamental bilim ko‘pincha uzoq muddatli tadqiqotlarni talab qiladi va darhol amaliy natija bermasligi mumkin, ammo fan taraqqiyoti uchun asos yaratadi.
5. ***Amaliy bilim.*** U aniq bir *muammoni hal qilishga qaratilgan* bo‘lib, ko‘pincha fundamental bilim asosida rivojlanadi. Masalan, yangi qurilma ishlab chiqish, kasallikka qarshi vaksina yaratish yoki muayyan texnologik jarayonni takomillashtirish.

Ilmiy bilimning turlari bir-birini to‘ldiradi va uyg‘unlikda rivojlanadi. Empirik bilim faktlarni yig‘sa, nazariy bilim ularni umumlashtiradi, fundamental bilim ilmiy asoslarni yaratadi, amaliy va prikladnoy bilim esa inson hayotiga tatbiq etiladi. Shu bois, ilmiy faoliyatda barcha turlarning ahamiyati beqiyosdir.

3.3-§. Tadqiqot metodologiyasi va metodikasi

Ilmiy tadqiqot jarayonida metodologiya va metodika tushunchalari muhim o‘rin tutadi. Ular bir-biri bilan chambarchas bog‘liq bo‘lsa-da, mohiyatan farqlanadi. Metodologiya tadqiqotning umumiy nazariy asoslarini belgilasa, metodika esa uni amalga oshirishning aniq yo‘llarini ko‘rsatadi.

Metodologiya – bu *ilmiy tadqiqotning nazariy asoslari, umumiy yondashuv va konsepsiyalar majmuasidir*. U tadqiqotning qaysi asosga tayanishini, qanday nazariy qarashlar doirasida olib borilishini belgilab

beradi. Metodologiya savollarga javob beradi: *“Nima uchun va qanday asosda tadqiqot qilinadi?”*

Misol: O‘simliklarning o‘sishini o‘rganishda metodologiya sifatida biologik evolyutsion nazariya yoki ekologik yondashuv tanlanishi mumkin.

Metodika – bu *aniq tadqiqot o‘tkazish usullari, vositalari va tartiblaridir*. U tajribani amalda qanday o‘tkazishni, qaysi o‘lchov vositalaridan foydalanishni va qanday ketma-ketlikda ish olib borishni belgilaydi. Metodika savoliga javob beradi: *“Qanday qilib o‘tkaziladi?”*

Misol: Yuqoridagi tadqiqotda o‘simliklarni uch guruhga ajratib, har kuni harorat va namlikni o‘lchash, kuzatish jurnali yuritish metodikaga kiradi.

- ***Metodologiya*** – umumiy, nazariy, yo‘naltiruvchi asos.
- ***Metodika*** – xususiy, amaliy, bajarilish tartibi.
- Metodologiya tadqiqotning *“yo‘l xaritasi”* bo‘lsa, metodika – *“amaliy qadamlar rejasidir.”*

Ilmiy tadqiqotning samarali kechishi uchun metodologiya va metodikaning uyg‘unligi zarur. Metodologiyasiz tadqiqot nazariy poydevordan mahrum bo‘ladi, metodikasiz esa amalda bajarilishi mumkin emas. Shu sababli, ilmiy faoliyatda ularning farqini to‘g‘ri anglash va har ikkisini uyg‘un qo‘llash katta ahamiyat kasb etadi.

3.4-§. Tadqiqot metodologiyasi va metodika farqi (qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash misolida)

Ilmiy tadqiqot jarayonida metodologiya va metodika tushunchalari bir-birini to‘ldiruvchi, ammo farqlanuvchi jihatlarga ega. Qishloq xo‘jaligini

mexanizatsiyalashda ham har qanday ilmiy tadqiqot shu ikki asosga tayangan holda amalga oshiriladi.

Metodologiya – bu *ilmiy tadqiqotning nazariy asoslari, umumiy yondashuv va konsepsiyalar majmuasidir*. U ilmiy izlanishning yo‘nalishini belgilaydi va savolga javob beradi: *“Nima uchun va qanday asosda tadqiqot qilinadi?”*

***Misol*:** Don ekinlarini yig‘ib olish samaradorligini oshirish uchun *kombayn ish unumdorligiga ta’sir etuvchi omillarni eksperimental o‘rganish* metodologiya sifatida tanlanadi. Bu yerda asosiy maqsad – hosil yig‘im-terimini mexanizatsiyalash jarayonida unumdorlikni oshirish qonuniyatlarini aniqlash.

Metodika – bu *aniq tadqiqot o‘tkazish usullari, vositalari va tartiblaridir*. U amalda qanday ishlash, qanday uskunalardan foydalanish va o‘lchovlarni qaysi ketma-ketlikda amalga oshirishni belgilaydi. Metodika savoliga javob beradi: *“Qanday qilib o‘tkaziladi?”*

Misol: Kombayn unumdorligini o‘rganishda *ishga sarflangan vaqtni hisoblash, yonilg‘i sarfini o‘lchash, hosil yig‘ib olish tezligini aniqlash, dalaning turli sharoitlarida tajribalar o‘tkazish* metodikaga kiradi. Masalan, tajribani 3 xil dala sharoitida o‘tkazib, har birida 10 gektardan hosil yig‘ib olish ko‘rsatkichlari qayd etiladi.

Metodologiya va metodika o‘rtasidagi farq

- ***Metodologiya*** – nazariy asos va konseptual yondashuv (nima uchun tadqiqot qilinmoqda?).
- ***Metodika*** – tadqiqotni amalda o‘tkazish tartibi (qanday qilib o‘tkazilmoqda?).

- Metodologiya *“umumiy yo‘l xaritasi”* bo‘lsa, metodika – *“amalda bajariladigan qadamlar rejasi”*.

Qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalashda ilmiy tadqiqot samarali bo‘lishi uchun metodologiya va metodika uyg‘un qo‘llanishi lozim. Metodologiya nazariy poydevor bo‘lsa, metodika uning amaliy ijrosini ta’minlaydi. Bu uyg‘unlik natijada ilmiy izlanishlarning ishlab chiqarishga tatbiq etilishini kafolatlaydi.

3.5-§. Ilmiy faoliyatning bosqichlari

Ilmiy faoliyat insoniyat taraqqiyotining asosiy harakatlantiruvchi kuchidir. Har bir ilmiy kashfiyot yoki ixtiro tartibli, bosqichma-bosqich izlanishlar mahsuli hisoblanadi. Ilmiy tadqiqot jarayonida muammoni to‘g‘ri qo‘yishdan tortib, natijalarni amaliyotga joriy etishgacha bo‘lgan bosqichlar o‘zaro uzviy bog‘liqdir.

Ilmiy faoliyatning asosiy bosqichlari:

1. ***Muammoni aniqlash*.** Ilmiy izlanishning birinchi qadami — mavjud muammo yoki masalani aniqlashdir. Muammo jamiyat ehtiyojidan, ishlab chiqarish jarayonidagi qiyinchiliklardan yoki ilmiy qarama-qarshiliklardan kelib chiqishi mumkin.
2. ***Adabiyotlar tahlili*.** Oldingi tadqiqotlar, ilmiy maqolalar, kitoblar va boshqa manbalarni o‘rganish muammoning o‘rganilganlik darajasini aniqlashga yordam beradi. Bu bosqich yangi tadqiqotning yangiligi va dolzarbligini belgilaydi.
3. ***Gipoteza ishlab chiqish*.** Muammoni hal qilish bo‘yicha taxmin (gipoteza) ilgari suriladi. Gipoteza ilmiy tadqiqotning nazariy

poydevorini tashkil etadi va keyingi bosqichlarda sinovdan o‘tkaziladi.

4. ***Tadqiqot metodini tanlash.*** Muammoni o‘rganishda qanday usul qo‘llanilishi belgilanadi: kuzatish, tajriba, matematik modellash, statistik tahlil yoki boshqa metodlar. To‘g‘ri tanlangan metod ilmiy natijalarning ishonchliligini ta’minlaydi.
5. ***Eksperiment yoki tahlil o‘tkazish.*** Tanlangan metod asosida amaliy tajribalar o‘tkaziladi, kuzatishlar amalga oshiriladi va ma’lumotlar yig‘iladi. Olingan ma’lumotlar ilmiy tahlil qilinadi va qayta ishlanadi.
6. ***Natijalarni umumlashtirish***. Tahlil qilingan ma’lumotlar asosida xulosalar chiqariladi. Gipoteza tasdiqlanishi yoki rad etilishi mumkin. Bu bosqich ilmiy izlanishning eng muhim qismini tashkil qiladi.
7. ***Ilmiy ishni rasmiylashtirish.*** Olingan natijalar ilmiy maqola, dissertatsiya, hisobot yoki patent shaklida hujjatlashtiriladi. Natijalar ilmiy jamoatchilikka taqdim etiladi.
8. ***Amaliyotga joriy etish***. Ilmiy faoliyatning yakuniy bosqichi — olingan natijalarni ishlab chiqarishga, ta’lim jarayoniga yoki jamiyat hayotiga tatbiq qilishdir. Natijalar amalda qo‘llanilganda ularning foydasi yanada ortadi.

Ilmiy faoliyatning bosqichlari uzluksiz zanjirni tashkil qiladi. Har bir bosqich o‘z vazifasiga ega bo‘lib, keyingi bosqich uchun asos yaratadi. Muammoni to‘g‘ri qo‘yishdan boshlab, amaliyotga joriy etishgacha bo‘lgan jarayon ilm-fan taraqqiyoti va jamiyat rivojining kafolatidir.

IV BOB. EKSPERIMENT REJASI HAQIDA TUSHUNCHA

Sanoatning har qanday sohasida loyiha qarorlarini qabul qilish va ularning sifatini baholash asosan eksperiment ma’lumotlari asosida amalga oshiriladi.

Eksperiment va eksperimentni rejalashtirish

Eksperiment — bu tadqiqot ob’ekti yoki jarayoni haqida ishonchli va aniq ma’lumot olish maqsadida unga ma’lum ta’sirlarni yo‘naltirish va natijalarni kuzatish jarayonidir. Eksperiment orqali ilmiy gipotezalarni tasdiqlash yoki yangi bilimlarni kashf etish imkoniyati yaratiladi. U ilm-fanning muhim bosqichlaridan biri bo‘lib, nazariy farazlarni amaliy sinovdan o‘tkazishga xizmat qiladi.

Eksperimentni rejalashtirish — bu tajriba jarayonlarini tizimli ravishda tashkil etish, samaradorligini oshirish va natijalarni maksimal darajada ishonchli qilishga qaratilgan ilmiy usuldir. Eksperimentni rejalashtirish orqali tajribani o‘tkazishga ketadigan vaqt va resurslar kamayadi, olingan ma’lumotlar esa yanada aniq va statistik jihatdan ishonchli bo‘ladi. Shu bilan birga, eksperimentni rejalashtirish tadqiqot jarayonini optimallashtirish va natijalarni samarali tahlil qilish imkonini beradi.

Eksperimentni rejalashtirish nazariyasining asosiy poydevori — matematik statistika bo‘lib, buning sababi shundaki, eksperiment natijalari ko‘pincha tasodifiy kattalik yoki tasodifiy jarayon sifatida qaraladi. Statistik usullar yordamida eksperiment natijalari tahlil qilinadi, xatoliklar aniqlanadi va ularni kamaytirish yo‘llari ishlab chiqiladi. Shuningdek, matematik statistika eksperiment parametrlarini optimal tanlash, omillarning ta’sirini aniqlash va ko‘p omilli tizimlarda samarali rejalashtirish imkonini beradi.

Natijada eksperimentni rejalashtirish nazariyasi tadqiqotchilarga ilmiy tadqiqotlarni puxta va tizimli olib borish, resurslarni tejash va yuqori sifatli natijalarga erishish imkonini yaratadi. Bu nafaqat ilmiy izlanishlar, balki texnika, qishloq xo‘jaligi, sanoat va boshqa sohalarda innovatsion loyihalarni samarali amalga oshirishga xizmat qiladi.

4.1-§. Eksperimentlarning klassifikatsiyasi

Eksperimentlar turli mezonlarga ko‘ra tasniflanadi. Ularni ikki asosiy yo‘nalish — tuzilishiga va ilmiy tadqiqot bosqichiga ko‘ra ajratish mumkin.

1. Tuzilishiga ko‘ra eksperimentlar:

- **Natural eksperimentlar** — bu turdagi tajribalarda tadqiqot vositalari bevosita tadqiqot ob’ekti bilan o‘zaro ta’sir qiladi. Bunda tadqiqot jarayoni tabiiy sharoitlarda kechadi va ob’ektning haqiqiy xatti-harakatlari kuzatiladi. Natural eksperimentlar ko‘pincha tabiat hodisalari, ijtimoiy jarayonlar yoki inson faoliyatini o‘rganishda qo‘llaniladi.
- **Model eksperimentlar** — bu eksperiment turi tadqiqot ob’ekti o‘rniga uning modeli bilan amalga oshiriladi. Model eksperimentlar murakkab va qimmatbaho ob’ektlarni o‘rganishda, shuningdek, xavfli yoki uzoq muddatli jarayonlarni simulyatsiya qilishda keng qo‘llaniladi. Model yordamida turli shart-sharoitlar yaratish va ularning natijalarini oldindan baholash mumkin.
- **Model-kibernetik (mashina) eksperimentlar** — bu tur modelli eksperimentlarning ilg‘or shakli bo‘lib, tadqiqot ob’ekti xarakteristikalarini Elektron hisoblash mashinasi (EHM) yordamida algoritmik hisoblash orqali o‘rganishga imkon beradi. Bunday eksperimentlar murakkab tizimlar va

ko‘p parametrli jarayonlarni tez va samarali tahlil qilish uchun mo‘ljallangan.

2. Ilmiy tadqiqot bosqichiga ko‘ra eksperimentlar:

- **Laboratoriya eksperimentlari** — ilmiy gipotezalar va nazariyalarni tekshirish, turli hodisalar va jarayonlarning umumiy qonuniyatlarini o‘rganish maqsadida laboratoriya sharoitida olib boriladi. Bu eksperiment turi nazariy bilimlarni mustahkamlash va yangi ilmiy tushunchalarni shakllantirish uchun muhimdir.

- **Stendli eksperimentlar** — tadqiqot ob’ektida kechayotgan aniq jarayonlarni, uning fizik, kimyoviy yoki boshqa xususiyatlarini o‘rganish uchun mo‘ljallangan. Bunday tajribalar yordamida ob’ektning real sharoitlarda ishlash parametrlarini aniqlash va optimal ish rejimlarini ishlab chiqish mumkin.

- **Ishlab chiqarish eksperimentlari** — yangi mahsulot yoki jarayonni joriy etishda, mavjud texnologiyalarni optimallashtirishda hamda ishlab chiqarilayotgan mahsulot sifati bo‘yicha nazorat-tanlash sinovlarida majburiy tarzda o‘tkaziladi. Ushbu eksperimentlar amaliy ishlarning samaradorligini oshirish va ishlab chiqarish jarayonlarini takomillashtirishga xizmat qiladi.

Shu tariqa, eksperimentlarning har bir turi o‘ziga xos vazifa va maqsadga ega bo‘lib, ilmiy izlanishlar va amaliy ishlab chiqarish jarayonlarida keng qo‘llaniladi. To‘g‘ri tanlangan eksperiment turi tadqiqotning sifatini oshiradi va resurslar samaradorligini ta’minlaydi.

Eksperimentlarning vazifasiga ko‘ra tasnifi

Modelni aniqlash va tadqiqot maqsadlariga muvofiq eksperimentlar quyidagi turlarga bo‘linadi:

- **Turli xil birxilmasliklarni hisobga oluvchi eksperimentlar** — material tarkibi, vaqt bo‘yicha o‘zgarishlar va boshqa tashqi omillarni inobatga olgan holda o‘tkaziladi. Bunday tajribalar murakkab tizimlarning haqiqiy ish sharoitlarini yaqinroq aks ettirishga yordam beradi.
- **Hodisaning mexanizmlarini aniqlashga qaratilgan eksperimentlar** — yaxshi tashkil etilgan ob’ektlar va yetarli boshlang‘ich ma’lumot mavjud bo‘lgan holatlarda, jarayonning ichki mexanizmlarini tushunish va tahlil qilish maqsadida amalga oshiriladi.
- **Parametrlar makonidagi muayyan mahalliy sohani hisobga oluvchi eksperimentlar** — optimallik mezoni ekstremumi mavjud bo‘lgan, parametrlar vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchan tizimlarda o‘tkaziladi. Bu usul tizimning vaqtga bog‘liq xatti-harakatlarini aniqlash imkonini beradi.
- **Parametrlar makonidagi mahalliy sohani hisobga oluvchi eksperimentlar** — optimallik mezoni ekstremumi mavjud, lekin parametrlar vaqt bo‘yicha o‘zgarmaydi. Bunday tajribalar tizimning barqaror xatti-harakatlarini o‘rganishga xizmat qiladi.
- **Kirish o‘zgaruvchilarning chiqish o‘zgaruvchilariga ta’sirini baholovchi eksperimentlar** — tizimdagi sabab-natija munosabatlarini aniqlashga qaratilgan.
- **Tadqiqot ob’ekti o‘zgaruvchilari majmuasini qayta o‘zgartirish imkonini beruvchi eksperimentlar** — tizimning turli kombinatsiyalarida ishlash xatti-harakatlarini o‘rganish imkonini yaratadi.

- **Tadqiqot ob’ekti kelgusidagi holatini bashorat qilishga qaratilgan eksperimentlar** — tizimning kelajakdagi ishlash xatti-harakatlarini

4.2-§. Tadqiqot ob’ektining matematik modeli

Tadqiqot ob’ekti umumiy holda 1-rasmda keltirilgan tuzilmaviy sxema orqali ifodalanishi mumkin. Bu sxema ob’ektning kirish, chiqish va ichki parametrlarini vizual tarzda tasavvur qilishga yordam beradi.

Tadqiqot ob’ektining holatini matematik tarzda quyidagicha ifodalash mumkin:

- **Kirish o‘zgaruvchilari (input variables)** — ob’ektga ta’sir qiluvchi tashqi omillar yoki boshqaruv signallari.
- **Chiqish o‘zgaruvchilari (output variables)** — ob’ektning natijaviy xatti-harakatlarini aks ettiruvchi parametrlar.
- **Ichki parametrlar (internal parameters)** — ob’ektning ichki xususiyatlari va o‘zgaruvchilari, ular kirish va chiqish o‘zgaruvchilari orasidagi munosabatni belgilaydi.

Mazkur matematik model yordamida tadqiqot ob’ekti xatti-harakatlarini tahlil qilish, uning optimal rejimlarini aniqlash va eksperiment natijalarini bashorat qilish mumkin.

$$Y = f\ (X;U;\ Z), \qquad (4.1)$$

- $X = (x_1, x_2, ..., x_k)$ — mustaqil, boshqariladigan (kirish) o‘zgaruvchilar bo‘lib, eksperiment jarayonida maqsadga muvofiq ravishda o‘zgartiriladi (masalan, ta’minlovchi kuchlanish, texnologik rejimlar va boshqalar).

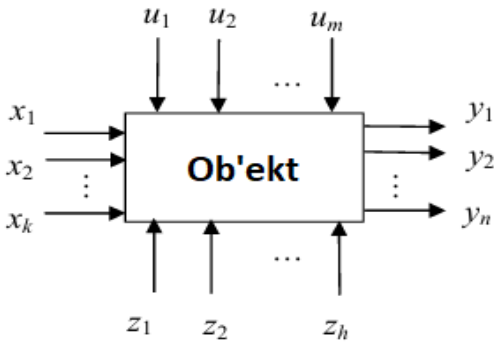
- $U = (u_1, u_2, ..., u_m)$ — nazorat qilinadigan, lekin tadqiqot jarayonida o‘zgartirib bo‘lmaydigan smuta ta’sirlar (atrof-muhit harorati, yorug‘lik va h.k.).

- $Z = (z_1, z_2, ..., z_h)$ — nazorat qilinmaydigan va boshqarilmaydigan, tadqiqotchiga noma’lum, vaqt bo‘yicha tasodifiy ravishda sekin o‘zgaruvchi ta’sirlar.

- $Y = (y_1, y_2, ..., y_n)$ — tadqiqot ob’ekti holatini ifodalovchi, nazorat qilinadigan yoki hisoblab chiqiladigan parametrlar.

Bunday tasavvur texnikada keng qo‘llaniladigan **“qora quti” prinsipi**ga asoslanadi. Ya’ni, tizimning ichki tuzilishi kuzatuvchiga yopiq bo‘ladi va uning ishlash haqidagi tasavvur faqat kirish parametrlariga berilgan ta’sirlar va ularga mos chiqish reaksiyalari asosida shakllanadi.

Shuning uchun eksperimentning asosiy vazifalaridan biri — ob’ektning kirish va chiqish parametrlari o‘rtasidagi o‘zaro bog‘lanishni aniqlash va uni matematik model shaklida miqdoriy ifodalashdir. Bu yondashuv yordamida tizim xatti-harakatlarini tahlil qilish, optimal ish rejimlarini aniqlash va eksperiment natijalarini prognoz qilish mumkin.



4.1-rasm. Tadqiqot ob’ektining struktura sxemasi

Matematik model – bu ob’ekt parametrlari orasidagi eng muhim o‘zaro bog‘lanishlarning matematik ifodasi bo‘lib, u tenglamalar, shartlar va algoritmik qoidalar majmuasidan iborat. U ob’ektda kechayotgan jarayonlar

haqida ma’lumot olish, boshqarish, optimal ish sharoitlarini topish, tahlil va tizimlarni loyihalash uchun xizmat qiladi.

Faktorlar. Ob’ektga ta’sir qiluvchi va o‘lchash orqali nazorat qilinadigan kirish parametrlariga **faktorlar** deyiladi. Masalan, o‘lchash o‘zgartirgichini tadqiq qilish jarayonida faktorlar sifatida o‘lchanayotgan kattalik, atrof-muhit harorati, ta’minot kuchlanishi va shunga o‘xshash boshqa parametrlar tanlanishi mumkin. Aktiv eksperimentni rejalashtirishda faktorlar boshqariladigan va mustaqil bo‘lishi kerak. Har bir faktorning o‘z *aniqlanish sohasi* mavjud bo‘lib, u eksperimentgacha belgilanadi. Bu soha uzluksiz yoki diskret bo‘lishi mumkin. Uzluksiz holatda uni sun’iy ravishda diskretlashtirish amaliyoti qo‘llaniladi.

Faktorlar quyidagi chegaralarda o‘zgarishi mumkin:

$$x_{iB} \le x_i \le x_{iH},\ (i=1,2,...,k),$$
$$u_{jB} \le u_j \le u_{jH},\quad (j=1,2,...,m), \qquad (4.2)$$
$$z_{gB} \le z_g \le z_{gH},\ (g=1,2,...,h).$$

Chiqish parametrlaridan biri ham ushbu chegaradan chiqsa, u holda uskuna yoki jarayonning normal ishlashi buziladi.

Tadqiqotchining vazifasi – $z_g=const$, $u_j=const$ bo‘lganda, x_i = var (ishga layoqatlilik sohasidagi ishchi nuqta) qiymatlarni shunday tanlashdan iboratki, natijada chiqish parametri y optimal qiymatga erishsin. Boshqacha qilib aytganda, tadqiqotchi $y=f(x=var;\ u$ = const; z = const) funksiyasini x_i aniqlanish sohasida optimallashtirishi kerak.

Faktorlar fazosi va funksiyasi. Har bir faktor kombinatsiyasi ko‘p o‘lchovli fazoda bir nuqtaga mos keladi. Faktorlarning mumkin bo‘lgan barcha kombinatsiyalaridan tashkil topgan soha *eksperiment rejalari sohasi* deb ataladi. Eksperimentni optimal sharoitlarni topish maqsadida

rejalashtirishda yagona chiqish kattaligi – *optimallik mezoni (optimallashtirish parametri)* hisoblanadi. Bu funksiya tadqiqot ob'ektining faktorlar kombinatsiyasiga javobini ifodalaydi va *javob funksiyasi* deb ataladi. Faktorlar fazosida javob funksiyasining geometrik ifodasi *javob yuzasi* deb yuritiladi.

Model turlari

Matematik modelni yaratishda foydalaniladigan ma'lumot manbaiga qarab quyidagi turlar ajratiladi:

- ***Fizik (analitik) modellar*** — algebraik, differensial, integral yoki differensial-integral tenglamalar tizimi shaklida ifodalanadi. Bunday modellar jarayonlarni aniq va tizimli tarzda tasvirlaydi hamda tajriba o'tkazib bo'lmaydigan holatlarda ham kelajakdagi natijalarni prognoz qilish imkonini beradi.
- ***Statistik (empirik) modellar*** — tadqiqot ob'ekti bo'yicha to'plangan eksperimental ma'lumotlarni statistik qayta ishlash asosida tuziladi. Ushbu modellar oddiy tuzilishga ega bo'lib, ko'pincha polinom ko'rinishida ifodalanadi. Ularning qo'llanish sohasi faqat eksperiment o'tkazilgan ishchi nuqtalar atrofida cheklangan bo'lsa-da, kam vaqt va mablag' sarflab tuzilishi mumkin, shuningdek, tezkor natijalar olish imkonini beradi.

Shuningdek, modellar *statsionar* va *dinamik* turlarga bo'linadi. Birinchilari vaqtga bog'liq bo'lmagan holatlarni, ikkinchilari esa o'tish jarayonlarini, ya'ni nostatsionar holatlarni ifodalaydi.

4.3-§. Eksperimental tadqiqotlarni o‘tkazishning asosiy bosqichlari

Eksperimental tadqiqotlarni rejalashtirish va tashkil etish bir qator izchil va mantiqiy bog‘langan bosqichlarni o‘z ichiga oladi. Avvalo, tadqiqotning maqsadi aniqlanadi, boshlang‘ich holat belgilab olinadi va tajribaga ketadigan vaqt hamda resurslarning ruxsat etilgan miqdori baholanadi. Shu bilan birga, tadqiqotning turi va vazifasi aniqlanadi.

Keyingi bosqichda tadqiqot ob’ekti haqida mavjud aprior ma’lumotlar to‘planadi. Bu jarayonda adabiyotlar tahlil qilinadi, mutaxassislar bilan suhbatlar o‘tkaziladi va ilgari o‘tkazilgan tajribalar natijalari o‘rganiladi. Ushbu ma’lumotlar eksperimentni to‘g‘ri rejalashtirish va samarali tashkil etish uchun zarur bo‘ladi.

Shundan so‘ng, yechim usuli tanlanadi va uni amalga oshirish strategiyasi ishlab chiqiladi. Bu bosqichda model turi aniqlanadi, ob’ektga ta’sir qiluvchi omillar va parametrlar belgilab olinadi, maqsad funksiyalari tanlanadi. Ushbu jarayon tadqiqotning ilmiy asoslangan va tizimli bo‘lishini ta’minlaydi.

Tanlangan yechim usuli sinovdan o‘tkaziladi, bunda eksperimental ustanovka va metodika dastlabki baholash uchun sinovdan o‘tkaziladi. Bu bosqich modelning sifatini aniqlash va tajribalarni samarali tashkil etish imkonini beradi.

Keyingi bosqichda eksperiment amaliyotga tatbiq etiladi. Bu yerda eksperimental ustanovka turi aniqlanadi, maqsad funksiyasi va omillar qiymati belgilanadi, tanlanmalar hajmi va tajribalarni takrorlash soni

belgilab olinadi. Shu tarzda, barcha rejalashtirilgan tajribalar amalga oshiriladi.

Tadqiqot yakunida natijalar tahlil qilinadi va interpretatsiya qilinadi. Eksperimentator uchun qiziqarli parametrlar baholanadi, natijalarning ishonchlilik darajasi aniqlanadi va tahlil natijalari tegishli ilmiy yoki texnik atamalarda ifodalanadi. Ushbu bosqich tadqiqotning amaliy ahamiyatini ko‘rsatadi va natijalarni ilmiy hamda texnologik jarayonlarda qo‘llash imkonini beradi.

4.4-§. Eksperiment vazifalarining klassifikatsiyasi

Eksperimentator tomonidan yechiladigan vazifalar bir nechta asosiy turga bo‘linadi. Birinchi tur — tadqiqot ob’ektining ayrim statistik tavsiflarini baholash va shu tavsiflarga oid gipotezalarni tekshirishdir. Bunday vazifa asosan o‘lchash jarayonlariga tegishli bo‘lib, ob’ektning asosiy parametrlarini aniqlash imkonini beradi.

Ikkinchi tur — ayrim omillarning chiqish kattaligiga ta’sirini aniqlashdir. Bu turdagi eksperiment natijasi odatda “ha” yoki “yo‘q” kabi aniq hukm bilan ifodalanadi. Masalan, ma’lum komponent qo‘shimchasi betonning mustahkamligiga ta’sir qiladimi yoki yo‘qmi degan savolga javob izlanadi. Bunday eksperiment dispersiya tahlili orqali o‘tkaziladi.

Uchinchi tur — aks javob funksiyasini aniqlash, ya’ni kirish faktorlarining ob’ekt chiqishiga bo‘lgan ta’sirini statistik jihatdan ishonchli tarzda bog‘lash va tadqiqot ob’ektining matematik modelini yaratishdir. Bu vazifa regressiya tahlili yordamida yechiladi.

To‘rtinchi tur — ikki kattalikning o‘zaro bog‘liqlik darajasini aniqlashdir. Masalan, texnik axborotga ketgan xarajatlar bilan ixtirolar soni orasidagi munosabatni o‘rganish. Bunday bog‘lanish darajasi korrelyatsiya tahlili predmeti hisoblanadi.

Beshinchi tur — jarayonning optimal shart-sharoitlarini aniqlashdir. Bu vazifa omillarning qaysi qiymatlarida chiqish maksimal yoki minimal bo‘lishini belgilashga qaratilgan bo‘lib, ekstremal eksperiment yordamida yechiladi.

Shu tariqa, eksperiment vazifalarining to‘g‘ri tasnifi tadqiqot jarayonini tizimli tashkil etishga, natijalarni ishonchli olishga va matematik modellashtirishni samarali amalga oshirishga imkon yaratadi.

4.5-§. Optimallashtirish parametrlari

Tadqiqot ob’ektini o‘rganish jarayonida optimallashtirish parametrlari yoki mezonlarini tanlash asosiy bosqichlardan biri hisoblanadi. Optimallashtirish parametri — bu maqsadning aniq sonli tavsifi bo‘lib, u tadqiqot tizimining kirish omillariga javoban qanday o‘zlashishini ifodalaydi. Har qanday haqiqiy ob’ekt bir yoki bir nechta optimallashtirish parametrlari orqali tavsiflanishi mumkin.

Optimallashtirish parametrini tanlashda quyidagi talablar e’tiborga olinadi:

- Sonli bo‘lishi — parametr aniq raqamli bahoga ega bo‘lishi kerak, ya’ni uni miqdoriy ifodalash mumkin bo‘lishi lozim.

- **Statistik jihatdan aniqligi** — har bir omillar kombinatsiyasiga bitta parametr mos kelishi lozim. Shu bilan birga, bir xil parametr turli omillar kombinatsiyalariga mos kelishi mumkin bo‘ladi.
- **Universal va kompleks tavsif berishi** — parametr ob’ekt yoki jarayonning barcha muhim xususiyatlarini qamrab olishi kerak. Odatda bunday parametrlar iqtisodiy va texnik-iqtisodiy ko‘rsatkichlar (masalan, sebestoimost, ishonchlilik) bo‘ladi.
- **Samarali bo‘lishi** — parametr maqsadga erishish nuqtai nazaridan va statistik jihatdan samarali bo‘lishi zarur. Masalan, detalni qayta tiklash tannarxini optimallashtirish parametri sifatida tanlash uning ishonchliligini aks ettirmaydi. Shu sababli birlashtirilgan ko‘rsatkichlar, masalan, “ruxsat berilgan ishonchlilikdagi tannarx” yoki “ruxsat berilgan tannarxdagi ishonchlilik” kabi parametrlar tanlanadi. Statistik samarali parametr esa o‘lchash xatolari eng kam bo‘lgan parametrdir.
- **Fizik ma’nosi aniq bo‘lishi** — parametr tadqiqot maqsadini belgilash va natijalarni tushuntirishni yengillashtirishi lozim.

Optimallashtirish vazifalari bir yoki bir nechta chiqish parametrlariga ega bo‘lishi mumkin. Bir parametrli vazifalar afzal, ammo amaliyotda ko‘pincha bir nechta parametrni hisobga olish zarur. Masalan, rezina va plastmassa mahsulotlarini ishlab chiqarishda fizik-mexanik, texnologik, iqtisodiy va estetik ko‘rsatkichlar bir vaqtning o‘zida muhimdir.

Bir vaqtning o‘zida bir nechta funksiyani optimallashtirish odatda mumkin emas, shuning uchun eng muhim parametr optimallashtirish mezoni sifatida tanlanadi, qolganlar esa cheklovlar sifatida olinadi. Chiqish parametrlarining sonini kamaytirish uchun korrelyatsiya tahlili qo‘llanilishi

mumkin. Shuningdek, bir nechta parametrni yagona umumlashtirilgan parametrga aylantirish uchun matematik usullar ham ishlatiladi.

Umumlashtirilgan aksjavob. Agar tadqiqot ob'ekti *n* ta xususiy aksjavob bilan tavsiflansa: $y_u(u=1,2,\ldots, n)$ ularning har biri turli fizik ma'noga ega bo‘lishi va turli birliklarda o‘lchanishi mumkin. Ularni birlashtirish uchun barcha aksjavoblar uchun yagona *o‘lchov shkalasi* kiritiladi.

Agar har bir y_u faqat ikki qiymatga ega bo‘lsa:

- **0** – qoniqarsiz,
- **1** – qoniqarli,

unda umumiy aksjavoblar quyidagicha aniqlanadi:

$$Y_i = \sqrt[n]{\prod_{u=1}^{n} y_{ui}}\,, \tag{4.3}$$

ya'ni barcha xususiy aksjavoblar 1 bo‘lganda Y_i=1, agar kamida bittasi 0 bo‘lsa, Y_i=0.

Agar har bir xususiy aksjavob uchun «ideal» qiymat y_{u0} ma'lum bo‘lsa, u holda modul farqi $|y_{u0}-y_{ui}|$ idealga yaqinlik o‘lchovi sifatida olinadi. Buni o‘lchovsiz ko‘rinishga keltirilib, umumiy baholashda *vazifiy salmoqlar* (a_u) kiritiladi:

$$Y_i = \sqrt{\sum_{u=1}^{n} a_u \left(\frac{y_{ui}-y_{u0}}{y_{u0}}\right)^2}\,, \tag{4.4}$$

Bu yerda salmoqlar mutaxassislar bahosi orqali belgilanishi mumkin.

Xohish shkalasi. Ikki qiymatli (0 va 1) shkala o‘rniga *xohish shkalasi* qo‘llansa, u ko‘proq axborotli bo‘ladi. Bu shkalada eksperimentatorning sub'ektiv baholari fizik ko‘rsatkichlarga mos qilinadi.

4.1-jadval

Standart baholar

Xohish	Shkala qiymatlari
Juda yaxshi	1,00 – 0,80
Yaxshi	0,80 – 0,63
Qoniqarli	0,63 – 0,37
Yomon	0,37 – 0,20
Juda yomon	0,20 – 0,00

Bu holda har bir xususiy aksjavob $d = \exp[-\exp(-y)]$, ko‘rinishida ifodalanadi, umumlashtirilgan funksiya esa:

$$D_i = \sqrt[n]{\prod_{u=1}^{n} d_{ui}}, \quad (4.5)$$

ya’ni, agar kamida bir xususiy xohish d_{ui}=0 bo‘lsa, umumiy D_i=0. Barcha d_{ui}=1 bo‘lsa, D_i=1 (1.2-rasm).

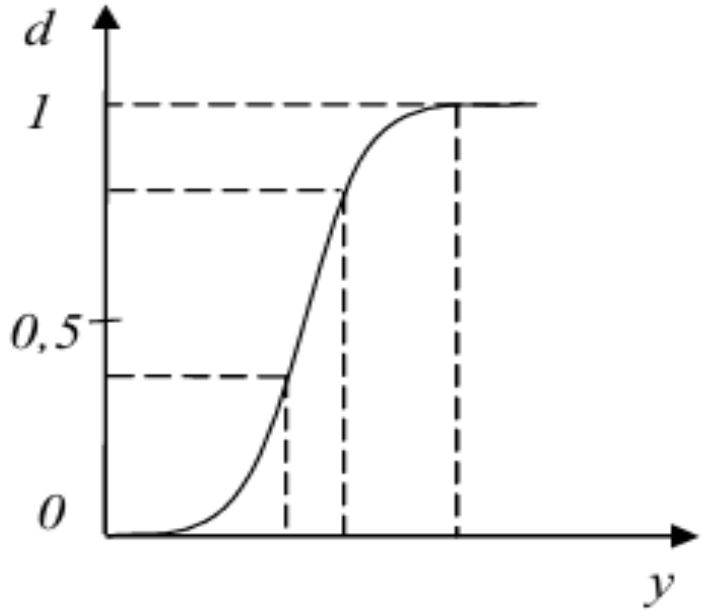
Umumiy optimallashtirish funksiyasi

Umumiy optimallashtirish funksiyasi tadqiqot ob’ekti uchun yagona, universal va statistik jihatdan samarali optimallashtirish mezoni sifatida xizmat qiladi. Bu funksiya bir nechta chiqish parametrlarini bitta integrallashgan ko‘rsatkichga birlashtirib, tizimning umumiy samaradorligini baholash imkonini yaratadi.

Umumiy funksiya yordamida turli omillar ta’sirida ob’ektning xatti-harakatlarini yagona mezon bo‘yicha tahlil qilish mumkin. Masalan, ishlab chiqarish jarayonida sifat, tannarx va ishonchlilik kabi ko‘rsatkichlar alohida-alohida baholansa, umumiy funksiya ularni birlashtirib, eng optimal ish rejimini aniqlashga yordam beradi. Shuningdek, umumiy funksiyaning

statistik samaradorligi o‘lchash xatolarini minimal darajada ushlab turadi, bu esa tajriba natijalarining ishonchliligini oshiradi.

Bundan tashqari, umumiy optimallashtirish funksiyasi tadqiqotchiga qaror qabul qilishda aniq asos beradi, chunki u ob’ektning barcha muhim xususiyatlarini qamrab oladi va jarayon yoki tizimning optimal ishlash shartlarini aniqlashda yo‘riqchi vazifasini bajaradi. Shu tariqa, umumiy funksiyaning joriy qilinishi ilmiy tadqiqotlar va amaliy texnik jarayonlarning samaradorligini sezilarli darajada oshiradi.



4.2-rasm. Hohish egri chizig‘i

4.6-§. Omillar (faktorlar)

Faktor — bu tadqiqot qilinayotgan jarayonga ta’sir etuvchi va ma’lum bir vaqtda aniq qiymatga ega bo‘ladigan kattalikdir. Har bir faktor tadqiqotning maqsadi va ob’ekti kontekstida o‘z nomi bilan aniqlanadi va uning **aniqlanish sohasi** ko‘rsatiladi. Aniqlanish sohasi deganda, ushbu faktor qabul qilishi mumkin bo‘lgan barcha qiymatlar to‘plami tushuniladi.

Faktorlar tadqiqot jarayonida muhim rol o‘ynaydi, chunki ular kirish parametrlarini ifodalaydi va eksperiment natijalariga bevosita ta’sir qiladi. Masalan, texnologik jarayonlarda faktorlar sifatida harorat, bosim, vaqt yoki material tarkibi kabi parametrlar olinishi mumkin. Aniqlanish sohasi esa bu parametrlarning minimal va maksimal qiymatlari, shuningdek, oraliq qiymatlarni o‘z ichiga oladi.

Tadqiqot jarayonida har bir faktor o‘zgarish diapazoni va ta’sir kuchi aniqlangan bo‘lishi kerak, chunki eksperiment natijalarining ishonchliligi va matematik modelning aniqligi shunga bog‘liq. Shu bilan birga, faktorlarni tanlash va ularning diapazonini belgilash orqali tadqiqot samaradorligi oshiriladi va keraksiz tajribalar soni kamaytiriladi.

Umuman olganda, faktorlar tadqiqot ob’ekti xatti-harakatlarini tahlil qilish va optimallashtirishda asosiy vosita sifatida xizmat qiladi, ular eksperimentning nazariy va amaliy jihatlarini birlashtiradi hamda eksperiment natijalarini tizimli ravishda baholash imkonini beradi.

Aniqlanish sohasi uzluksiz ham, diskret ham bo‘lishi mumkin. Eksperimentni rejalashtirishda faktor qiymatlari diskret ko‘rinishida olinadi. Amaliy masalalarda faktorlarning aniqlanish sohasi turli cheklovlarga ega bo‘ladi, ular prinsipial yoki texnik xarakterga ega bo‘lishi mumkin.

Faktorlar turlari va tanlash talablari

Faktorlar ikki jihatdan farqlanadi: sifat va miqdor. **Sifat jihatdan faktorlar** odatda eksperimentning boshlang‘ich bosqichida hisobga olinadi. Bunga material markasi, uskuna turi, ishlash rejimi kabi parametrlar kiradi. **Miqdor jihatdan faktorlar** esa o‘lchanishi mumkin bo‘lgan kattaliklar bo‘lib, ular raqamli qiymatlar orqali ifodalanadi.

Faktorlarni tanlashda quyidagi talablar e’tiborga olinadi:

- **Boshqariladigan bo‘lishi** — tanlangan faktor uning aniqlanish sohasi doirasida istalgan darajaga sozlanishi va tajriba davomida bu daraja doimiy ravishda saqlanishi kerak. Bu talab eksperimentning ishonchliligini ta’minlaydi.
- **Aniqlik (birqiymatli bo‘lishi)** — har bir faktor boshqa faktorlarning funksiyasi bo‘lmasligi lozim. Boshqacha aytganda, har bir faktor mustaqil bo‘lib, natijalarga to‘g‘ridan-to‘g‘ri ta’sir ko‘rsatishi zarur.

Shu tarzda tanlangan va boshqariladigan faktorlar eksperiment jarayonining nazorat qilinadigan, aniq va statistik jihatdan ishonchli bo‘lishini ta’minlaydi hamda matematik modellashtirishning samaradorligini oshiradi.

Eksperiment rejalashtirishda ko‘pincha bir vaqtning o‘zida bir nechta faktor o‘zgartiriladi. Shu sababli ularga qo‘yiladigan umumiy talablar mavjud:

- ***Moslik*** – har bir faktor boshqalardan mustaqil ravishda istalgan darajada belgilanishi mumkin bo‘lishi kerak.
- ***Mustaqillik*** – faktorlar o‘zaro korrelyatsiyalanmagan bo‘lishi (ya’ni ular orasida chiziqli bog‘liqlik bo‘lmasligi) zarur.
- ***Aniqlik*** – faktorlarning o‘zgarish diapazoni aniqlik darajasini belgilaydi. Faktor qiymatlarini belgilash aniqligi optimizatsiya parametrini o‘lchash aniqligidan yuqori bo‘lishi shart.

Faktorlarning aniqlanish sohasi va darajalari

Faktorlarning aniqlanish sohasini tanlashda bir qator cheklovlar hisobga olinadi. **Prinsipial cheklovlar** — bu faktor qiymatlari hech qanday holatda buzilmasligi lozim bo‘lgan chegaralardir. Masalan, haroratni o‘lchashda

minimal qiymat mutlaq nolga teng bo‘lishi mumkin emas. **Texnika-iqtisodiy cheklovlar** esa ishlab chiqarish va tadqiqot jarayonlariga bog‘liq bo‘lib, masalan, xom ashyoning narxi yoki resurslarning cheklanganligi kabi omillarni o‘z ichiga oladi. **Jarayon shartlaridan kelib chiqadigan cheklovlar** esa eksperimentni amalga oshirish imkoniyatlarini belgilaydi; masalan, o‘lchash vositalarining maksimal va minimal diapazonlari, sensorlar aniqligi va boshqalar.

Eksperiment sohasini tanlash ikki bosqichda amalga oshiriladi. Birinchi bosqich — **asosiy (nol) darajani tanlash**, ya’ni faktorlarning boshlang‘ich qiymatlarini belgilash. Ikkinchi bosqich — **variatsiya intervalini tanlash**, ya’ni eksperiment davomida faktorlarning qiymatlarini qanday diapazonda o‘zgartirish mumkinligini aniqlash.

Faktorning eksperiment uchun tanlangan miqdoriy yoki sifat jihatidagi holatlari **faktor darajalari** deb ataladi. Har bir daraja eksperiment jarayonida o‘zining qat’iy belgilangan qiymatiga ega bo‘lib, natijalarning izchilligi va ishonchliligini ta’minlaydi. Shu bilan birga, faktor darajalari eksperimentni samarali rejalashtirish va olingan natijalarni matematik modelga integratsiyalash imkonini beradi, bu esa tadqiqot jarayonining to‘liq va aniq bo‘lishini kafolatlaydi.

Nol nuqta sifatida tadqiqot ob’ektining shunday holati tanlanadiki, u optimum qidirishda boshlang‘ich nuqta hisoblanadi. Agar bu sohada avvalgi tadqiqotlar olib borilgan bo‘lsa, nol nuqta optimizatsiya parametrining eng yaxshi qiymati aniqlangan holatga mos keladi.

Variatsiya intervali – bu asosiy (nol) darajaga qo‘shilganda yuqori, ayirilganda esa quyi darajani beradigan soniya qiymatdir. Ya’ni interval – asosiy daraja bilan yuqori yoki quyi daraja orasidagi masofa.

- Quyi daraja – koordinata o‘qining manfiy yo‘nalishida belgilanadi.
- Yuqori daraja – koordinata o‘qining musbat yo‘nalishida belgilanadi. Yuqori daraja «+», quyi daraja esa «–» bilan belgilanadi.

Faktor intervaliga qo‘yiladigan cheklovlar

Eksperiment davomida faktorlar uchun tanlanadigan intervallar aniq belgilanishi lozim. Buning uchun quyidagi cheklovlar e’tiborga olinadi:

- **Pastki cheklov** — faktor darajasi belgilangan minimal qiymatdan past bo‘lmasligi kerak. Bu talab eksperiment davomida o‘lchash xatolarini kamaytirish va natijalarning ishonchliligini ta’minlashga xizmat qiladi.
- **Yuqaridan cheklov** — faktorning maksimal darajasi uning aniqlanish sohasidan chiqmasligi lozim. Bu esa ob’ektning xavfsiz ishlashini ta’minlaydi va tajriba natijalarining haqiqiyligini saqlaydi.

Faktor intervalini noto‘g‘ri tanlash eksperiment samaradorligiga salbiy ta’sir qiladi. Agar interval juda katta bo‘lsa, optimumni qidirish jarayoni sekinlashadi va resurslar ko‘p sarflanadi, chunki eksperiment turli qiymatlarni qamrab oladi. Aksincha, interval juda kichik bo‘lsa, eksperiment sohasini sezilarli darajada qisqartiradi va optimal qiymatni aniqlash imkoniyatini cheklaydi. Shu sababli intervalni belgilashda balansni saqlash muhim bo‘lib, u optimal qidiruvni tez va samarali amalga oshirish imkonini beradi.

Faktor intervalining to‘g‘ri tanlanishi eksperiment natijalarini aniqlash, matematik modellar yaratish va ob’ekt xatti-harakatlarini optimallashtirish jarayonining samaradorligini oshiradi.

Shuningdek, intervalni tanlashda faktor darajalari sonini hisobga olish maqsadga muvofiqdir. Chunki tajribalar soni darajalar soniga bog‘liq:

$$N=p^k, \qquad (4.6)$$

bu yerda N – tajribalar soni; p – faktor darajalari soni; k – faktorlar soni.

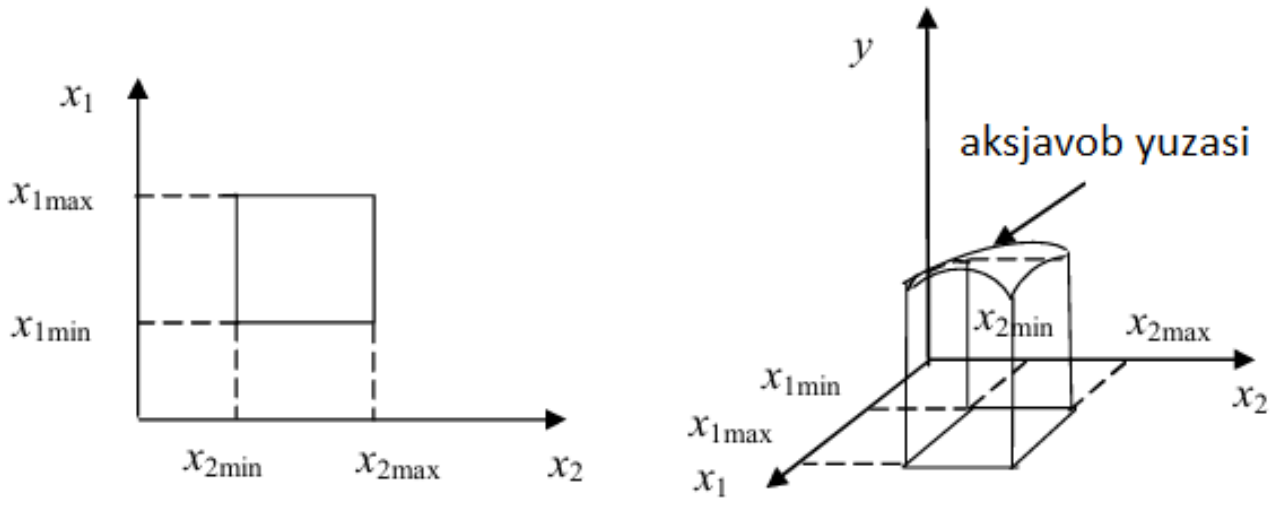
Faktor darajalari va aksjavob yuzasi

Eksperimentda har bir faktor uchun tanlanadigan darajalar soni masalaning sharoiti, tadqiqot ob’ekti xususiyatlari va eksperimentni rejalashtirish usuliga qarab aniqlanadi. Darajalar soni ortishi bilan eksperiment murakkablashadi, ammo natijalar aniqligi oshadi; darajalar soni kam bo‘lsa, tajriba soddalashtiriladi, lekin optimal nuqtani aniqlash qiyinlashadi. Shu sababli darajalar sonini tanlashda nazariy va amaliy jihatlar hisobga olinadi.

Faktorlarning aniqlanish sohasining geometrik talqini **aksjavob yuzasi** deb ataladi. Bu yuzada har bir o‘lcham faktorlar soniga mos keladi va eksperiment davomida olinadigan natijalar (aksjavoblar) shu fazoda tasvirlanadi. Masalan, agar tadqiqotda faqat ikki faktor ishtirok etsa, aksjavob yuzasi ikki o‘lchamli fazoda joylashadi (1.3-rasm).

Agar faktorlarning chegaralari mos bo‘lsa va ularning qiymatlari tekis taqsimlangan bo‘lsa, aksjavob yuzasi tekislikda to‘g‘ri to‘rtburchak shaklida hosil bo‘ladi. Bu holat tajribalarni rejalashtirish va natijalarni tahlil qilishni osonlashtiradi. Aksjavob yuzasi orqali har bir faktor darajasi va natijalar o‘rtasidagi o‘zaro bog‘lanish vizual tarzda ko‘riladi, bu esa eksperiment natijalarini matematik modelga aylantirish va optimallashtirish jarayonini sezilarli darajada soddalashtiradi.

Ikkidan ko‘p faktorda esa ko‘p o‘lchamli fazo hosil bo‘ladi va uni geometrik tasavvur qilish qiyinlashadi.



Aksjavob yuzasi:

_____ omillarning moslik chegaralari;

- - - - omillarni aniqlash chegaralari

4.3-Rasm. Omillarni aniqlash sohasi.

Faktor fazosi – bu aksjavob yuzasi quriladigan fazo bo‘lib, u omillar va optimizatsiya parametrlari qiymatlari bo‘yicha belgilanadi.

Takrorlash uchun savollar

1. Eksperimentga qanday ta’rif beriladi?
2. Eksperimentni rejalashtirish qaysi masalalarni hal qiladi?
3. Eksperimentlarning klassifikatsiyasini tushuntiring.
4. Tadqiqot ob’ektining matematik modeliga qanday ta’rif berish mumkin?
5. Faktorlar va ularning aniqlanish sohasi nimani anglatadi?
6. Otklik funksiyasi va otklik yuzasi nima?
7. Matematik modellarning asosiy turlari qaysilar?

8. Eksperimental tadqiqotlarni o‘tkazish bosqichlarini sanab bering.
9. Eksperimentning asosiy vazifalari nimalardan iborat?
10. Optimallashtirish parametriga ta’rif bering.
11. Optimallashtirish parametriga qo‘yiladigan talablar qanday?
12. Umumiylashtirilgan optimallashtirish parametri nima?
13. Xohish (jelatelnost) shkalasining vazifasi nima?
14. Xohish (jelatelnost) chizig‘i qanday tasvirlanadi?
15. Faktorlarga qo‘yiladigan talablar nimalardan iborat?
16. Faktor darajalari va ularning variatsiya intervali nimani anglatadi?
17. Variatsiya intervalini tanlashda qaysi cheklovlar hisobga olinadi?
18. Eksperimentda tajribalar soni faktor darajalari soniga qanday bog‘liq?
19. Faktor fazosiga qanday ta’rif berish mumkin?

V BOB. FIZIK KATTALIKLARNI O‘LCHASH

5.1-§. Fizik kattaliklar

Fizik kattaliklar — bu turli fizik ob’ektlar uchun umumiy bo‘lgan va sifat jihatdan o‘ziga xos xususiyatga ega, lekin har bir ob’ekt uchun individual ravishda, ya’ni miqdoriy jihatdan aniqlanadigan xosiyatdir. Fizik kattalik tushunchasining sifat jihati kattalik turini belgilaydi; masalan, elektr qarshiligi o‘tkazgichlarning umumiy xossasi sifatida ko‘riladi. Miqdoriy jihat esa kattalikning o‘lchovini yoki mavjud qiymatini ifodalaydi; masalan, ma’lum bir o‘tkazgichning qarshiligi aniq raqam bilan tavsiflanadi. Individuallik shundan iboratki, bir ob’ektning fizik xossasi boshqa ob’ektga nisbatan ko‘proq yoki kamroq bo‘lishi mumkin.

Fizik kattaliklar ikki asosiy turga bo‘linadi:

1. **O‘lchanadigan fizik kattaliklar** — ular aniq o‘lchov birliklarida son jihatidan ifodalanadi. Masalan, uzunlik, massa, elektr toki, kuchlanish va harorat kabi kattaliklar. Bu turdagi kattaliklar eksperiment va texnik hisoblashlarda keng qo‘llaniladi.
2. **Baholanadigan kattaliklar** — ular uchun turli sabablarga ko‘ra aniq o‘lchov birligi kiritib bo‘lmaydi. Bunday kattaliklar sifat jihatdan baholanadi, masalan, materialning sifat ko‘rsatkichlari, inson sezishiga bog‘liq hodisalar yoki estetik baholashlar.

Fizik kattaliklarning har ikki turi ilmiy tadqiqotlar va texnik amaliyotda muhim ahamiyatga ega. O‘lchanadigan kattaliklar eksperiment va hisob-kitoblarda aniq natijalar beradigan bo‘lsa, baholanadigan kattaliklar sifatli tavsiflar va ilmiy tahlilni boyitadi. Shu bilan birga, baholanadigan

kattaliklar ko‘pincha o‘lchanadigan kattaliklar bilan bog‘lanib, ularning harakatlari va o‘zgarishlarini prognoz qilishga yordam beradi.

Fizik kattaliklarning klassifikatsiyasi

Fizik kattaliklar turli mezonlarga ko‘ra tasniflanadi va ularning klassifikatsiyasi ilmiy tadqiqot va texnik hisob-kitoblarda muhim ahamiyatga ega (5.1-rasm).

Ularni asosiy turlarga bo‘lish mumkin:

1. **Energetik (faol) kattaliklar** – ob’ektlarning ish yoki energiya bilan bog‘liq xossalarini ifodalaydi. Masalan, kuch, quvvat, energiya va ish. Bu turdagi kattaliklar mexanik va termodinamik jarayonlarda keng qo‘llaniladi.

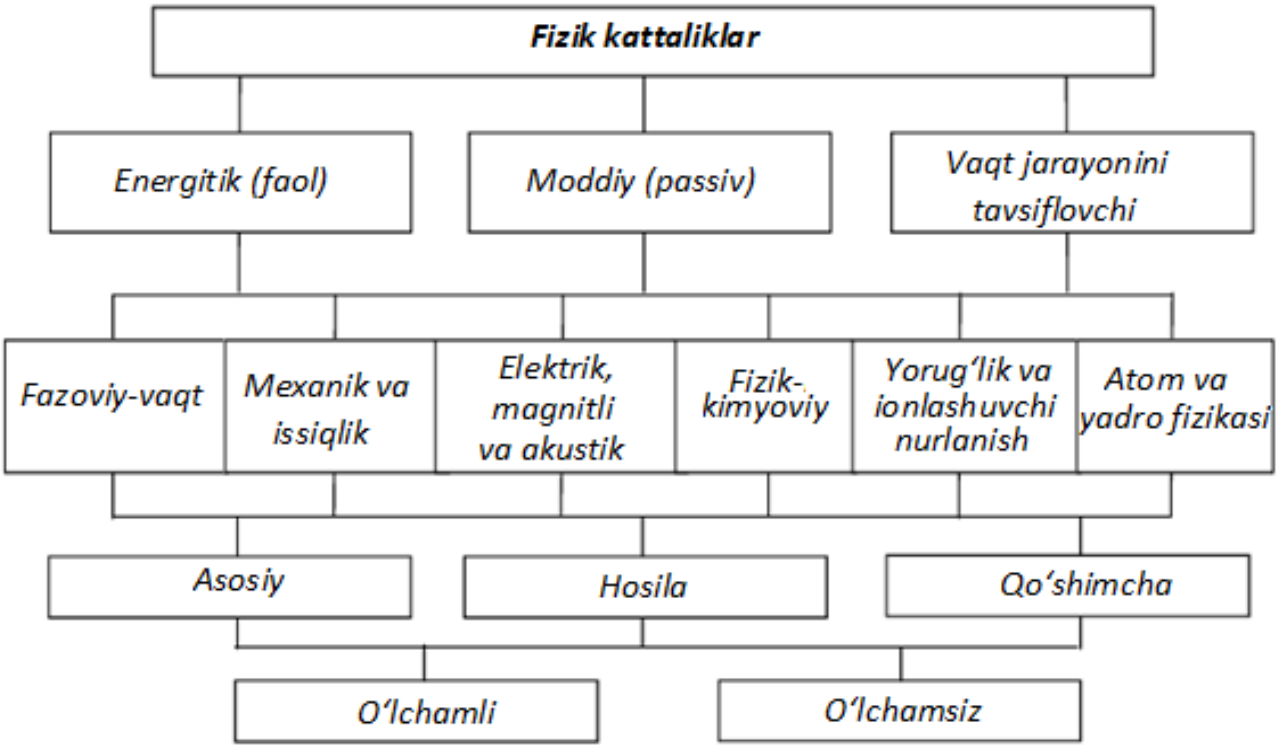
2. **Moddiy (passiv) kattaliklar** – ob’ektlarning moddiy xossalari bilan bog‘liq bo‘lib, ularning miqdori yoki tuzilishini tavsiflaydi. Masalan, massa, zichlik, hajm, hajmiy zichlik. Bunday kattaliklar materiallar va fizik ob’ektlarni tavsiflashda asosiy hisoblanadi.

3. **Vaqt jarayonlarini ifodalovchi kattaliklar** – jarayonlarning vaqt bo‘yicha o‘zgarishini ko‘rsatadi. Masalan, chastota, davr, impuls va vaqtga bog‘liq boshqa parametrlar. Bu kattaliklar elektromexanik, akustik va dinamik tadqiqotlarda qo‘llaniladi.

4. **Makon-vaqtli kattaliklar** – ob’ektlarning fazodagi va vaqt bo‘yicha tarqalishini ifodalaydi. Masalan, tezlik, tezlanish, maydon kuchlanishi va oqimlar. Bu tur mexanik, issiqlik, elektrik va magnit sohalarda keng qo‘llaniladi.

Fizik kattaliklar mexanik va issiqlik, elektr, magnit va akustik hodisalar, shuningdek, fizik-kimyoviy reaksiyalar, yorug‘lik va ionizlovchi nurlanishlar, atom va yadro fizikasi sohalarida keng qo‘llaniladi. Shu bilan birga, turli turlardagi fizik kattaliklar bir-biri bilan o‘zaro bog‘liq bo‘lib,

murakkab jarayonlarni tahlil qilish va matematik modellashtirishda birgalikda ishlatiladi.



5.1-rasm. Fizik kattaliklarni klassifikatsiyasi

Hodisalar turiga ko‘ra fizik kattaliklar.

Fizik kattaliklar hodisalar turiga qarab bir nechta asosiy guruhlarga bo‘linadi:

1. **Energetik (faol) kattaliklar** – bu guruhga energiyani o‘zgartirish, uzatish va undan foydalanish jarayonlarining energetik xususiyatlarini tavsiflovchi kattaliklar kiradi. Masalan, tok, kuchlanish, quvvat, energiya va zaryad. Ularning o‘lchovi qo‘shimcha energiya manbaisiz axborot signallari shaklida olinishi mumkin.
2. **Moddiy (passiv) kattaliklar** – moddalar va materiallarning fizik hamda fizik-kimyoviy xususiyatlarini ifodalaydigan kattaliklar. Ularning o‘lchash uchun qo‘shimcha energiya manbai talab etiladi.

Bunday passiv kattaliklar faol kattaliklar orqali o‘lchanadi va ularning qiymati aniqlanadi.

3. **Vaqt jarayonlarini tavsiflovchi kattaliklar** – turli spektral va polyarizatsiya xususiyatlari, korrelyatsiya funksiyalari va boshqa vaqtga bog‘liq parametrlarni ifodalaydi. Ular jarayonlarning vaqt bo‘yicha o‘zgarishini va vaqt bilan bog‘liq fizik hodisalarni tahlil qilishga xizmat qiladi.

Shuningdek, fizik kattaliklar turli fizik jarayonlar guruhlariga mansubligiga ko‘ra keng tasniflanadi:

- Mekanik va kinetik-energetik
- Issiqlik va termodinamik
- Elektrik va magnit hodisalar
- Akustik jarayonlar
- Fizik-kimyoviy reaksiyalar
- Yorug‘lik (svet) va ionizator nurlanishi
- Atom va yadro fizikasi

Bu tasniflash fizika va muhandislik sohalarida tadqiqot va o‘lchovlarni samarali tashkil etish, shuningdek, murakkab jarayonlarni matematik modellashtirishda muhim ahamiyatga ega.

Bir guruhdagi boshqa kattaliklardan shartli mustaqillik darajasiga ko‘ra fizik kattaliklar asosiy, hosila va qo‘shimcha turlarga bo‘linadi.

O‘lchamga ega bo‘lishiga ko‘ra – o‘lchamli va o‘lchamsiz kattaliklarga ajratiladi.

Fizik kattalik qiymati – kattalikning hajmini ma’lum o‘lchov birligida ifodalovchi sonli bahodir.

Fizik kattalikning haqiqiy qiymati – ob’ektning tegishli xususiyatini sifat va miqdor jihatdan ideal holda aks ettiruvchi qiymat. Uni tajribada aniqlash mumkin emas, chunki o‘lchashda har doim xato mavjud bo‘ladi.

Asl qiymat (amaliy qiymat) – tajriba yo‘li bilan topilgan va haqiqiy qiymatga juda yaqin bo‘lgan qiymat. Amaliy maqsadlarda haqiqiy qiymat o‘rnida ishlatiladi.

Fizik kattaliklar va ularning birliklari

Fizik kattalik birligi – bu belgilangan hajmga ega bo‘lib, shartli ravishda 1 ga teng qilib qabul qilingan fizik kattalikdir. U bir xil turdagi fizik kattaliklarni son jihatdan ifodalashda ishlatiladi va o‘lchovlarda standart asos vazifasini bajaradi.

Fizik kattalik birliklari **asosiy** va **hosila** turlariga bo‘linadi. Ular maxsus qoidalar asosida bir tizimga birlashtiriladi, bu esa o‘lchovlarni yagona standartlarda amalga oshirish imkonini beradi.

Tajribalarda uchraydigan fizik kattaliklar asosiy turlari quyidagilardan iborat:

1. **Tasodifiy kattalik** – bunday kattaliklar tasodifiy jarayonlarga bog‘liq bo‘lib, ularning yagona o‘lchash natijasini oldindan aniq bashorat qilish mumkin emas. Biroq, ko‘plab takroriy o‘lchashlar statistik qonuniyatlarni aniqlash imkonini beradi va tadqiqotlarda ishonchli ma’lumot olishga yordam beradi.

2. **Doimiy kattalik** – bu turga tabiat konstantalari (masalan, elektron zaryadi, vakuumdagi yorug‘lik tezligi) va muayyan holatdagi ob’ektlarning ba’zi xususiyatlari (masalan, namuna uzunligi, massasi) kiradi. Doimiy

kattalik ko‘p hollarda barqaror bo‘lsa-da, ko‘plab o‘lchashlar natijalari turlicha chiqishi mumkin, chunki tashqi muhit sharoitlari va o‘lchash asboblarining xatolari ta’sir ko‘rsatadi. Shu sababli, amaliy tadqiqotlarda doimiy kattalik ko‘pincha tasodifiy kattalik sifatida namoyon bo‘ladi.

***3*. o‘zgaruvchan kattalik.** Vaqt o‘tishi bilan ma’lum qonuniyat asosida o‘zgaradi (masalan, murakkab kimyoviy reaksiya tezligi). Turli vaqtlardagi o‘lchash natijalari ob’ektning yangi holatiga mos keladi;

- ***noustuvor kattalik.*** Vaqt o‘tishi bilan hech qanday statistik qonuniyatsiz o‘zgaradi. Asosiy xususiyati – uning vaqt bo‘yicha o‘zgarish qonuniyati haqida hech qanday ma’lumot yo‘q. Bunday kattalik o‘lchashlari foydali ma’lumot bermaydi. Biroq agar vaqt bo‘yicha o‘zgarish qonuniyati aniqlansa, u holda bu kattalik o‘zgaruvchan kattalikka aylanishi mumkin.

5.2-§. O‘lchash nazariyasining asosiy tushunchalari

O‘lchash – bu maxsus texnik vositalar yordamida fizik kattalik qiymatini tajriba yo‘li bilan aniqlash jarayonidir. O‘lchash natijasida olinadigan ma’lumotlar **o‘lchash axboroti** deb ataladi. Ko‘p hollarda tadqiqot ob’ekti haqida ma’lumot tadqiqot boshlanishidan oldin mavjud bo‘ladi; bunday ma’lumot **aprior ma’lumot** sifatida tan olinadi.

Agar aprior ma’lumot mavjud bo‘lmasa, o‘lchashni amalga oshirish mumkin emas, chunki nimani o‘lchash kerakligi noma’lum bo‘ladi va mos o‘lchash vositasini tanlashning imkoni bo‘lmaydi. Agar aprior ma’lumot to‘liq bo‘lsa va o‘lchanadigan kattalik qiymati oldindan aniq ma’lum bo‘lsa, o‘lchashning zaruriyati qolmaydi. Shu bilan birga, aprior ma’lumot

o‘lchashning erishiladigan aniqligi va samaradorligini belgilashda asosiy rol o‘ynaydi.

O‘lchash natijasi – bu o‘lchash orqali topilgan fizik kattalik qiymatidir.

O‘lchash prinsipi – o‘lchash jarayonida ishlatiladigan fizik hodisalar majmuasini bildiradi.

O‘lchash vositasi – o‘lchash uchun mo‘ljallangan texnik qurilma bo‘lib, u normativ metrologik xususiyatlarga ega. Bu vosita fizik kattalik birligini qayta tiklaydi yoki saqlaydi va uning hajmi ma’lum vaqt davomida o‘zgarmaydi deb qabul qilinadi.

O‘lchash usuli – bu o‘lchash prinsiplari va vositalaridan foydalanish tartibi, yondashuvlar majmuasini bildiradi.

O‘lchash natijalarining yaqinligi (mosligi) – bir xil kattalikni bir xil sharoitlarda, bir xil usul va vositalar yordamida takroriy o‘lchash natijalarining bir-biriga yaqinligi sifatida ifodalanadi.

O‘lchash natijalarining qayta tiklanishi (o‘qilishi) – bu turli joylarda, turli usul va vositalar orqali, turli operatorlar tomonidan olingan, bir xil kattalikka tegishli natijalarning bir-biriga yaqinligini ifodalaydi. Natijalar umumiy sharoitga keltirilgan holda baholanadi va tadqiqotda ishonchli axborot olish imkonini yaratadi.

5.3-§. O‘lchash usullari

O‘lchash usullari tanlanishi bir qator omillarga bog‘liq bo‘lib, ular o‘lchanayotgan fizik kattalikning tabiati, talab qilinayotgan aniqlik darajasi, o‘lchash jarayonining tezligi, sharoitlar va boshqa tashqi hamda ichki sharoitlarni o‘z ichiga oladi. Masalan, o‘lchanadigan kattalik elektr tokiga

tegishli bo‘lsa, tok kuchi yoki kuchlanishini o‘lchashning analog yoki raqamli metodlari qo‘llanishi mumkin.

Aniqlik darajasi yuqori bo‘lishi kerak bo‘lgan hollarda nozik va sezgir o‘lchash usullari tanlanadi, tezkor o‘lchash zarur bo‘lganda esa tez ishlaydigan metodlar afzal ko‘riladi. Shuningdek, o‘lchash sharoitlari – masalan, yuqori harorat, bosim, namlik yoki vibratsiya mavjudligi – ham mos usulni tanlashda muhim rol o‘ynaydi.

Bundan tashqari, o‘lchash usulini tanlashda o‘lchash vositalarining imkoniyatlari, inson omili, natijalarning qayta ishlanishi va statistik ishonchlilik darajasi ham hisobga olinadi. Shu tarzda, o‘lchash usuli – bu murakkab va ko‘p omilli jarayon bo‘lib, u maqsadga muvofiq va ishonchli natijalarni ta’minlashga xizmat qiladi. Eng ko‘p tarqalgan tasnif – bu natijalarni olish usuliga ko‘ra ajratishdir. Shu asosda o‘lchashlar *to‘g‘ridan-to‘g‘ri*, *bilvosita*, *birgalikdagi*, *yig‘ma o‘lchashlarga* bo‘linadi.

To‘g‘ridan-to‘g‘ri o‘lchashlar. Eng ko‘p qo‘llanadigan usul. Bu usulda izlanayotgan kattalik qiymati tajriba yo‘li bilan to‘g‘ridan-to‘g‘ri taqqoslash asosida topiladi. Matematik ifodasi $A= x$ oddiy formula bilan beriladi. To‘g‘ridan-to‘g‘ri o‘lchash deb, ortiqcha oraliq o‘zgarishlarsiz qiymatni topishga asoslangan o‘lchash tushuniladi.

Bilvosita o‘lchashlar. Agar izlanayotgan kattalik qiymati, uning bilan bog‘liq boshqa kattaliklar va ularning to‘g‘ridan-to‘g‘ri o‘lchash orqali topilgan qiymatlari asosida hisoblab chiqilsa, bu usul *bilvosita o‘lchash* deb ataladi.

Uning umumiy ifodasi quyidagicha:

$$A=f(x_1,x_2,\ldots,x_n)$$

bu yerda x_i – to‘g‘ridan-to‘g‘ri i- o‘lchash natijalari.

Yig‘ma o‘lchashlar. Bir vaqtning o‘zida bir nechta bir xil turdagi kattaliklar o‘lchanadi. Izlanayotgan qiymat esa ushbu kattaliklarning turli kombinatsiyalarini to‘g‘ridan-to‘g‘ri o‘lchash asosida olingan tenglamalar tizimini yechish yo‘li bilan aniqlanadi.

Birgalikdagi o‘lchashlar — bu bir vaqtning o‘zida ikki yoki undan ortiq turli xil fizik yoki texnik kattaliklarni o‘lchash orqali ularning o‘zaro funksional bog‘liqligini aniqlash jarayonidir. Ushbu usul bir nechta parametrlar orasidagi munosabatlarni chuqurroq tushunish va ular o‘rtasidagi statistik yoki matematik bog‘liqliklarni aniqlash imkonini beradi.

Birgalikdagi o‘lchashlar natijalari, ko‘pincha, bilvosita yoki yig‘ma o‘lchashlar yordamida olinadi. Bu shuni anglatadiki, natijalar to‘g‘ridan-to‘g‘ri o‘lchash orqali emas, balki o‘lchanayotgan kattaliklar bilan ular orasidagi ma’lum funksional bog‘lanish asosida hisoblab chiqariladi. Masalan, elektr tok kuchini va qarshilikni o‘lchash orqali quvvat qiymatini bilvosita hisoblash mumkin.

Shu bilan birga, birgalikdagi o‘lchashlar orqali tajribada kuzatilgan kattaliklarning o‘zaro bog‘liqligi, ta’sir qiluvchi omillar va natijalar orasidagi funksional munosabatlar aniqlanadi, bu esa eksperiment va matematik modellash jarayonlarini yanada ishonchli qiladi. Ularning qo‘llanilishi texnika, fizik, kimyo va iqtisodiy sohalarda keng tarqalgan bo‘lib, ko‘p parametrli tizimlarni tahlil qilishda muhim ahamiyat kasb etadi.

5.4-§. O‘lchash xatoliklari

O‘lchash xatosi deb, o‘lchangan natijaning o‘lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymatidan og‘ishiga aytiladi. Chunki haqiqiy qiymat aniq noma’lum, shuning uchun xatoning miqdoriy bahosida fizik kattalikning asl qiymatidan foydalaniladi. O‘lchash natijasining xatoligi turli aniqlikda baholanishi mumkin, bu turli xil dastlabki ma’lumotlarga bog‘liq. Shu asosda, xatolik aniq baholangan, taxminiy baholangan va oldindan baholangan o‘lchashlar farqlanadi.

O‘lchash jarayonida yuzaga keladigan xatoliklar turli xil baholash usullariga ko‘ra tasniflanadi va ularning aniqligi, ishonchliligi o‘lchash natijalarining sifatiga bevosita ta’sir qiladi. Ushbu xatoliklar uch asosiy turga bo‘linadi:

1. **Aniq baholangan xatolik** – bu turdagi xatolikda o‘lchash vositasining metrologik xususiyatlari, ishlash qobiliyati va o‘lchash usuli batafsil tahlil qilinadi. Shuningdek, tajriba sharoitlari nazorat qilinadi, barcha omillar hisobga olinadi va xatolik imkon qadar aniq raqamlar bilan ifodalanadi. Masalan, laboratoriya sharoitida o‘lchash asbobining kalibrlash natijalari asosida hisoblangan xatolik.

2. **Taxminiy baholangan xatolik** – bu xatolik turida o‘lchash vositasining metrologik xususiyatlari va uning normal sharoitdan og‘ishlari hisobga olinadi, ammo aniqlik yuqori darajada ta’minlanmaydi. Natijada o‘lchash xatoliklari faqat tahminiy qiymat bilan ifodalanadi. Masalan, maydon sharoitida o‘lchash asbobi yordamida amalga oshirilgan tajribada kuzatilgan o‘zgarishlar taxminiy baholanadi.

3. **Oldindan baholangan xatolik** – bu xatolik normativ hujjatlar, standart metodikalar yoki rasmiy tavsiyalar asosida oldindan belgilangan. Ushbu metodikalarda xatolik turlari, shuningdek, o‘lchash sharoitlari aniq

ko‘rsatiladi, shuning uchun tajriba davomida o‘lchashning qaysi darajada xatolik bilan amalga oshirilishi oldindan ma’lum bo‘ladi. Masalan, standart metod bo‘yicha o‘tkaziladigan laboratoriya testlarida belgilangan maksimal ruxsat etilgan xatolik.

Ushbu xatolik turlarini aniqlash va baholash, o‘lchash natijalarini tahlil qilish va ishonchliligini oshirishda muhim ahamiyatga ega bo‘lib, ilmiy va texnik tadqiqotlarda sifatli ma’lumot olishni ta’minlaydi.

Xatolik turlari. Xatolik qiymati ifodalanishiga ko‘ra uch turga bo‘linadi: *absolyut*, *nisbiy* va *keltirilgan* xatoliklar.

- ***Absolyut xatolik*** – o‘lchangan natijaning haqiqiy qiymatdan og‘ishi, o‘lchanayotgan kattalik birliklarida ifodalanadi:

$$\Delta = Y(x) - x. \tag{5.1}$$

- ***Nisbiy xatolik*** – absolyut xatolikning haqiqiy qiymatga nisbati:

$$\delta = \Delta / x. \tag{5.2}$$

- ***Keltirilgan xatolik*** – absolyut xatolikning normalashtiruvchi qiymatga (masalan, asbob shkalasi oxiri, o‘lchash chegarasi) nisbati:

$$\gamma = \frac{\Delta}{x_N} 100\%. \tag{5.3}$$

Xatoliklarning kelib chiqishiga ko‘ra turlari:

1. *Sistematik xatoliklar* – ko‘p marta o‘lchashda o‘zgarmas yoki ma’lum qonuniyat asosida o‘zgaradi.
2. *Tasodifiy xatoliklar* – miqdor va belgisi tasodifiy ravishda o‘zgarib turadi. Ular to‘liq bartaraf etilmaydi, lekin ko‘p marta o‘lchash va statistik ishlov berish orqali kamaytirilishi mumkin.

3. ***Qo‘pol xatoliklar*** – kutilgan qiymatdan ancha ortiq og‘ishlar. Ular operator xatosi yoki tashqi ta’sirlar sababli yuzaga keladi. Ko‘p marta o‘lchashda maxsus qoidalar asosida aniqlanib, chiqarib tashlanadi.

Shunday qilib, absolyut xatolik ikki qismdan iborat:

$$\Delta=\Delta_{tizim}+\Delta_{tasodif}. \quad (5.4)$$

O‘lchash jarayonida yuzaga keladigan xatoliklarni sabablariga ko‘ra tasniflash mumkin. Ulardan biri – **metodik xatoliklar.**

Metodik xatoliklar – bu o‘lchash usulining yetarlicha mukammal emasligi, qo‘llanilgan formula yoki algoritmlardagi kamchiliklar, shuningdek, tadqiqot ob’ekti modeli bilan uning real holati o‘rtasidagi tafovutlar natijasida yuzaga keladigan xatolikdir.

Bunday xatoliklar quyidagi holatlarda paydo bo‘lishi mumkin:

- O‘lchash usuli nazariy jihatdan to‘liq ishlanmagan bo‘lsa yoki amaliyotga to‘liq mos kelmasa;
- Foydalanilayotgan matematik formulalar yoki algoritmlar obyektning haqiqiy xatti-harakatlarini to‘liq aks ettirmasa;
- Tadqiqot ob’ekti modeli ideal sharoitga asoslangan bo‘lib, real hayotdagi o‘zgaruvchan sharoitlarni hisobga olmasa;
- O‘lchash jarayoni vaqtida kutilmagan tashqi omillar (masalan, harorat, vibratsiya, magnit maydon) hisobga olinmasa.

Metodik xatoliklar natijani sistematik ravishda noto‘g‘ri ko‘rsatishi mumkin, shuning uchun ularni aniqlash va minimal darajaga tushirish o‘lchash sifatini oshirishda muhim ahamiyatga ega. Ularni kamaytirish uchun o‘lchash usullarini takomillashtirish, model va algoritmlarni sinovdan o‘tkazish va eksperiment sharoitlarini yaxshilash tavsiya etiladi.

- ***Asbob (instrumental) xatoliklari*** – o‘lchash vositalari nuqsonlari (masalan, noto‘g‘ri graduirovka, nol og‘ishi).
- ***Tashqi xatoliklar*** – tashqi ta’sirlar (namlik, harorat, elektr ta’minotidagi o‘zgarishlar).
- ***Sub’ektiv xatoliklar*** – operator tomonidan yo‘l qo‘yilgan xatolar (asbob ko‘rsatkichini noto‘g‘ri o‘qish).

O‘lchash jarayonida xatolik turlari

- ***Statik xatoliklar*** – kattalik barqaror holatda o‘lchanayotganda paydo bo‘ladi.
- ***Dinamik xatoliklar*** – vaqt bo‘yicha o‘zgaradigan kattaliklarni o‘lchashda yuzaga chiqadi. Bu asbobning tezkorlik xarakteristikalari o‘lchanayotgan kattalik o‘zgarish tezligiga mos kelmaganda paydo bo‘ladi.

Ekspluatatsiya sharoitiga ko‘ra xatoliklar

- ***Asosiy xatolik*** – normal sharoitlarda paydo bo‘ladi.
- ***Qo‘shimcha xatolik*** – ta’sir etuvchi omillar normal doiradan chiqib ketganda paydo bo‘ladi.

5.5-§. O‘lchash natijasi va xatoligining shakllanishining matematik modeli

O‘lchash natijasi ko‘pincha tasodifiy kattalik sifatida ifodalanadi va uning tuzilishi quyidagi matematik shaklda yoziladi:

$$Y(x) = kx + kF + H, \qquad (5.5)$$

bu yerda kx – o‘lchash natijasining multiplikativ qismi. Bu qism o‘lchash vositasining sezgirlik koeffitsienti bilan bog‘liq bo‘lib, o‘lchash natijasining kirish kattaligi bilan proporsional o‘zgarishini bildiradi.

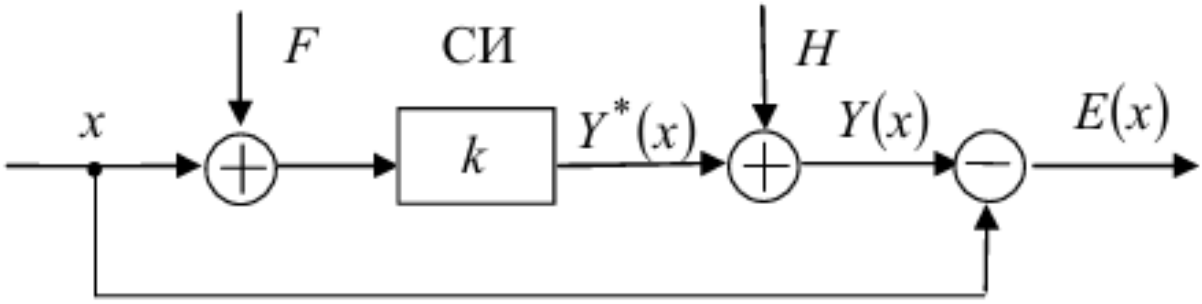
- *kF* – additiv tasodifiy qism. Ushbu qism o‘lchash vositasining kirishida mavjud bo‘lgan buzilishlardan kelib chiqadi va o‘lchanayotgan kattalikka ta’sir ko‘rsatadi. Masalan, tashqi shovqinlar yoki o‘lchov signalidagi noaniqliklar shu qatorda namoyon bo‘ladi.

- *H* – additiv xatolik qismi. Bu o‘lchash vositasining chiqishida yuzaga keladigan xatoliklarni ifodalaydi, masalan, kvantlash jarayoni, o‘lchashni amalga oshirayotgan operatorning sub’ektiv xatolari yoki boshqa texnik buzilishlar.

Bu tuzilish ifodasi o‘lchash natijasining qanday komponentlardan tashkil topganini aniq ko‘rsatadi: multiplikativ qism sezgirlikni, additiv tasodifiy qism kirishdagi tasodifiy ta’sirlarni, additiv qism esa chiqishdagi buzilishlarni aks ettiradi.

Rasmiy tasvirlashda (masalan, 5.2-rasm) ushbu uch komponent o‘lchash natijasining tuzilishi sifatida ko‘rsatiladi, bu esa o‘lchash jarayonini tahlil qilish va xatoliklarni baholash uchun qulay asos yaratadi.

Bu ifoda yordamida o‘lchash jarayoni statistik tahlilga, xatoliklarni aniqlash va kamaytirishga ham asos bo‘ladi.



5.2-rasm. Natija va o‘lchash xatoligini shakllantirishning tuzilma sxemasi

O‘lchash natijasi xatoligi. (5.6) ifodasi orqali shakllangan o‘lchash natijasi xatoligi quyidagicha ifodalanadi:

$$E(x) = Y(x) - x = kx + kF + H - x = (k - 1)x + kF + H, \qquad (5.6)$$

bu yerda $(k-1)x$ – xatolikning multiplikativ qismi; kF – kirishdagi tasodifiy buzilish bilan bog‘liq additiv qismi; H – chiqishdagi tasodifiy buzilish bilan bog‘liq additiv qismi.

Xususiyatlar

- ***Multiplikativ xatolik*** – o‘lchanayotgan kattalik qiymatiga bog‘liq bo‘ladi. Sababi – o‘lchash vositasi qayta ishlab chiqarayotgan birlik asl birlikka to‘g‘ri kelmaydi.
- ***Additiv xatoliklar*** – o‘lchanayotgan kattalik qiymatiga bog‘liq emas. Ular kirish va chiqishdagi additiv buzilishlar ta’sirida paydo bo‘ladi va to‘liq o‘lchash natijasining additiv qismlari bilan belgilanadi.

5.6-§. O‘lchash natijalarini taqdim etish qoidalari va shakllari

Har qanday o‘lchash ma’lumoti – natijalar va xatolar, empirik bog‘lanishlar va h.k. – o‘lchash aniqligi ko‘rsatkichlari bilan birga bo‘lishi shart. O‘lchash natijalari va xatolarini ifodalashda bir xil aniqlik ko‘rsatkichlari va taqdim etish shakllaridan foydalanish zarur.

O‘lchash natijalari va ularning xatolarini baholashda keng tarqalgan xatolardan biri — natijalarni ortiqcha ko‘p ahamiyatli raqamlar bilan ifodalashdir. Bunday holat odatda hisoblash texnikasining avtomatik natija chiqarish xususiyatidan kelib chiqadi, chunki zamonaviy kalkulyatorlar va kompyuterlar ko‘pincha natijani 4 va undan ortiq ahamiyatli raqamlar bilan beradi.

Biroq, amaliy o‘lchashlarda xatolarni har doim yuqori aniqlik bilan ko‘rsatish talab etilmaydi, chunki o‘lchash vositalarining va tadqiqot

sharoitlarining o‘zi bu darajada aniqlikni ta’minlamaydi. Masalan, texnikaviy o‘lchashlarda 15–20% aniqlik odatda yetarli hisoblanadi.

Misol uchun, agar o‘lchash natijasi 12,7254 va unga tegishli xatolik 0,4359 bo‘lsa, natijani shu shaklda berish amaliy ma’noga ega emas. Natijaning ishonchliligi asosan o‘ndan bir ulush darajasida bo‘ladi va keyingi raqamlar xatolik haqida qo‘shimcha foydali ma’lumot bermaydi. Shuning uchun natijalarni yozishda ahamiyatli raqamlar soni cheklanishi lozim.

Aniqlikni sonli ko‘rsatkichlarda ifodalashda, xatolik bilan birga ikki yoki undan ortiq ahamiyatli raqamlar ko‘rsatilmasligi tavsiya etiladi. Masalan, xatolik 0,44 yoki 0,4 ga teng bo‘lsa, natija 12,73 yoki 12,7 ko‘rinishida beriladi.

- Birinchi holatda xatolikni yaxlitlaganda, u natijaning umumiy qiymatiga nisbatan taxminan 1,4% ni tashkil qiladi, bu amaliy o‘lchashlar uchun yetarli aniqlik hisoblanadi.

Shunday qilib, natijalarni taqdim etishda ortiqcha aniqlikni kamaytirish va ahamiyatli raqamlar sonini cheklash orqali xatolarni to‘g‘ri baholash va ma’lumotni oson tushunarli qilish mumkin. Ikkinchi holda esa – 8,2%.

O‘lchash natijalari va xatolarini yaxlitlash qoidalari

O‘lchash natijasi absolyut xatolik qiymati qaysi razryadda okruglansa, shu razryadgacha yaxlitlanadi. Ortiqcha raqamlar butun sonlarda nollar bilan almashtiriladi. Agar o‘nlik kasr oxirida nollar bo‘lsa, ular xatolik razryadigacha qisqartiradi. Masalan: natija *4,08000*, xatolik *0,003* →yaxlitlangan natija *4,080*.

O‘lchash natijalarini yozishda natijani yaxlitlash va ahamiyatli raqamlar sonini belgilash uchun quyidagi qoidalar amal qiladi:

1. Agar tashlab yuboriladigan raqamning eng katta raqami 5 dan kichik bo‘lsa, qolgan raqamlar o‘zgarmaydi. Masalan, 174437 → 174400, 174,437 → 174,4. Bu holatda yaxlitlash natijasida qiymat faqat belgilangan o‘rinda to‘xtatiladi, qolgan raqamlar asl holatda qoladi.

2. Agar tashlab yuboriladigan raqam 5 yoki undan katta bo‘lsa va undan keyingi raqamlar nol yoki boshqa qiymatdan farq qilsa, yaxlitlangan raqamga 1 qo‘shiladi. Masalan, 12567 → 12600, 12,567 → 12,6. Bu qoidaga ko‘ra, raqamlar yuqoriga qarab yaxlitlanadi, bu esa natijaning aniqligini saqlash imkonini beradi.

3. Agar tashlab yuboriladigan raqam aniq 5 ga teng bo‘lsa va undan keyingi raqamlar nol yoki noma’lum bo‘lsa, quyidagi holatlar mavjud:

- Agar qolgan raqamlar to‘g‘ri bo‘lsa, ular o‘zgarmaydi.
- Agar qolgan raqamlar to‘g‘ri bo‘lmasa, ular 1 ga oshiriladi.

Masalan, 232,5 → 232 (to‘g‘ri raqam bo‘lsa), 233,5 → 234 (to‘g‘ri raqam bo‘lmasa).

4. O‘lchash natijasining xatoligi yozilishida ham ahamiyatli raqamlar soni belgilanishi kerak:

- Agar xatolikning birinchi raqami 1 yoki 2 bo‘lsa, ikki ahamiyatli raqam bilan ifodalanadi.
- Agar birinchi raqam 3 yoki undan katta bo‘lsa, xatolik faqat bir ahamiyatli raqam bilan yoziladi.

Bu qoidalar o‘lchash natijalari va ularning xatoliklarini amaliy ravishda tushunarli va aniq ifodalash imkonini beradi hamda ortiqcha aniqlikni oldini oladi.

5. Yaxlitlash faqat yakuniy natijada amalga oshiriladi. Barcha oraliq hisoblarda bir yoki ikki ortiqcha raqam saqlanadi.

Yaxlitlash sababli paydo bo‘ladigan eng katta xatolik – natijaning so‘nggi razryadi birligining yarmiga teng.

Takrorlash uchun savollar

1. O‘lchash usullarini sanab o‘ting va har biriga tavsif bering.
2. O‘lchash xatosi nima va u qanday aniqlanadi?
3. Xatolarni son jihatdan ifodalash bo‘yicha qanday tasniflash mumkin?
4. Xatolarni vaqt bo‘yicha o‘zgarishiga qarab qanday guruhlarga ajratish mumkin?
5. Xatolarni kelib chiqish sabablariga ko‘ra qanday tasniflash mumkin?
6. O‘lchash natijasining matematik modeli qanday ifodalanadi?
7. O‘lchash xatosining matematik modeli qanday tuziladi?
8. Additiv va multiplikativ xatolik qismlari qanday xususiyatlarga ega?
9. Fizik kattalik ta’rifini bering.
10. Fizik kattaliklarning asosiy turlarini sanab o‘ting va har birini tavsiflang.
11. O‘lchash natijalari qanday to‘g‘ri taqdim etilishi kerak?
12. O‘lchash natijalari va xatolarini okruglash qoidalarini bayon qiling.

VI BOB. MATEMATIK STATISTIKA ELEMENTLARI

6.1-§. Tasodifiy kattaliklar va ularning xususiyatlari

O‘lchash natijasi, umumiy holda, tasodifiy kattalik sifatida namoyon bo‘ladi. Shu sababli uni aniqlash, tavsiflash va baholash uchun ehtimollar nazariyasi va matematik statistika vositalaridan keng foydalaniladi. Bu usullar o‘lchash natijalaridagi tasodifiylikni hisobga olib, ularni statistik jihatdan tahlil qilish imkonini beradi, shuningdek, o‘lchash natijalarining ishonchlilik darajasini aniqlash, o‘rtacha qiymat va dispersiyasini hisoblash hamda xatoliklarni tavsiflash imkonini beradi. Matematik statistika yordamida yig‘ilgan ma’lumotlar asosida o‘lchash jarayonining samaradorligi va aniqligi baholanadi, natijalar esa ilmiy va texnik qarorlar qabul qilishda asos bo‘lib xizmat qiladi.

Tasodifiy kattalikning eng umumiy tavsifi uning *taqsimot qonuni* hisoblanadi.

Faraz qilaylik, tasodifiy kattalik X quyidagi qiymatlarni qabul qilsin: $x_1, x_2, \ldots, x_n$. Tasodifiy kattalik X tajribalarda qiymati x_i ni qabul qilgan holatlar soni m ning umumiy tajribalar soni n ga nisbati *takrorlanish chastotasi* deb ataladi. Bu chastota m/n ham tasodifiy kattalik bo‘lib, o‘tkazilgan tajribalar soniga qarab o‘zgaradi. Tajribalar soni juda katta bo‘lganda chastota ma’lum bir qiymatga intiladi. Bu qiymat P_i bo‘lib, *hodisaning ehtimoli* deb ataladi.

Diskret tasodifiy kattalikning barcha ehtimollari yig‘indisi *birga teng,* chunki tajribada tasodifiy kattalik o‘z qiymatlaridan birini qabul qilishi aniq hodisadir.

Hodisa $X < x_i$ ehtimoli:

$$P(X < x_i) = F(x) \tag{6.1}$$

bu yerda $F(x)$ – tasodifiy kattalikning *taqsimot funksiyasi.*

Tasodifiy kattalikning ehtimollar taqsimoti zichligi esa quyidagicha aniqlanadi:

$$p(x) = \frac{dF(x)}{dx}. \tag{6.2}$$

Taqsimot funksiyasi $F(x)$ bilan ehtimollar zichligi $p(x)$ o‘rtasidagi bog‘lanish quyidagicha yoziladi:

$$F(x) = P(-\infty \le X \le x) = \int_{-\infty}^{x} p(x)dx. \tag{6.3}$$

Tasodifiy kattaliklarni $p(x)$ taqsimot qonunlari orqali tasvirlash eng to‘liq usul hisoblanadi. Ammo ularni eksperimental aniqlash juda ko‘p vaqt talab qiladi. Shu bois, ko‘plab amaliy hollarda tasodifiy kattalikni to‘liq tasvirlash shart emas, balki ularning ayrim xususiyatlarini *sonli tavsiflar* yordamida ko‘rsatish yetarli.

Bunday sonli tavsiflar ehtimollar nazariyasi va matematik statistikada *momentlar* deb ataladi. Amaliy tahlillarda ko‘pincha *1- va 2-tartibli momentlar* qo‘llaniladi.

- ***1-tartibli boshlang‘ich moment*** (tasodifiy kattalikning matematik kutilmasi) taqsimotning markazini ko‘rsatadi va quyidagicha aniqlanadi:

$$m_1 = \int_{-\infty}^{\infty} xp(x)dx. \tag{6.4}$$

- ***2-tartibli markaziy moment*** (tasodifiy kattalikning dispersiyasi) uning tarqalishini xarakterlaydi:

$$D = \int_{-\infty}^{\infty} (x - m_1)^2 p(x) dx . \tag{6.5}$$

Dispersiya tasodifiy kattalikning kvadrati o‘lchoviga ega bo‘lgani uchun amalda ko‘proq uning ildizi – *o‘rtacha kvadratik og‘ish (σ)* ishlatiladi:

$$\sigma = \sqrt{D}$$

6.2-§. Tasodifiy kattaliklarning taqsimot qonunlari

Tajriba rejalashtirish nazariyasida quyidagi taqsimot qonunlari muhim rol o‘ynaydi:

1. Normal taqsimot qonuni (Gauss taqsimoti). Tasodifiy kattalik *X* normal taqsimot qonuniga bo‘ysunadi, agar uning ehtimollar zichligi quyidagicha ifodalansa:

$$p(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left[-(x - m_1)^2 / (2\sigma^2)\right]. \tag{6.6}$$

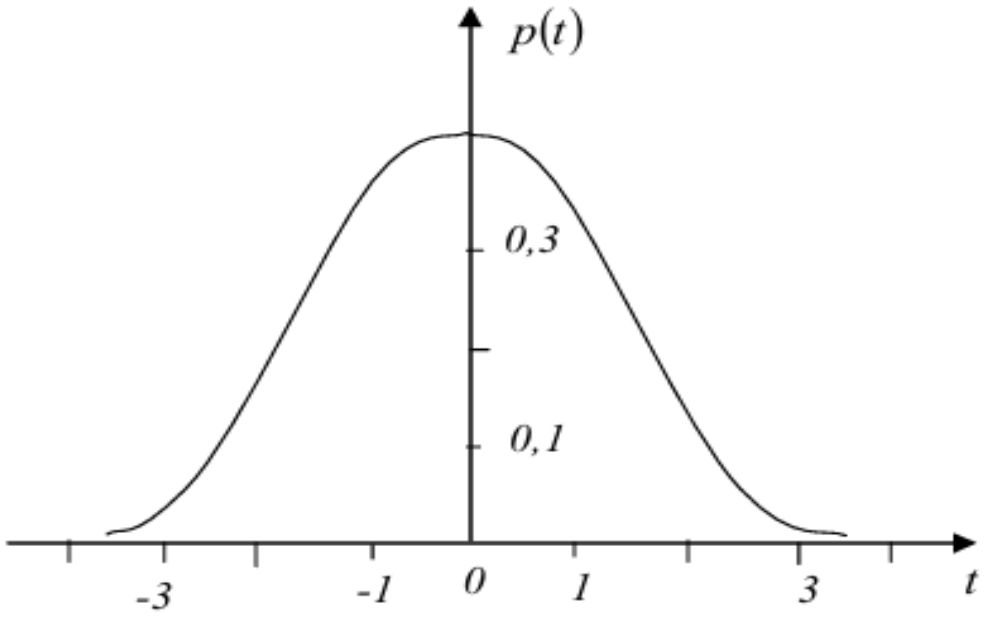
quyidagicha almashtirish kiritilsa:

$$t = \frac{x - m_1}{\sigma}, \tag{6.7}$$

unda (3.6) quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$p(t) = \left(\sqrt{2\pi}\right)^{-1} \exp\left(-t^2 / 2\right). \tag{6.8}$$

Bu holatda taqsimot *normallashtirilgan* (egri chiziq ostidagi maydon=1), *markazlashtirilgan* (maksimumi *t=0* da) va *standartlashtirilgan* (σ = 1) deb ataladi.



6.1-rasm. Normal taqsimot zichligi egri chizig‘i

2. *Pirson taqsimoti (χ^2-taqsimot).* Agar nn ta mustaqil tasodifiy kattaliklar $u_1, u_2, \ldots, u_n$ normal taqsimotga ega bo‘lsa (m=0, σ=1), ularning kvadratlari yig‘indisi:

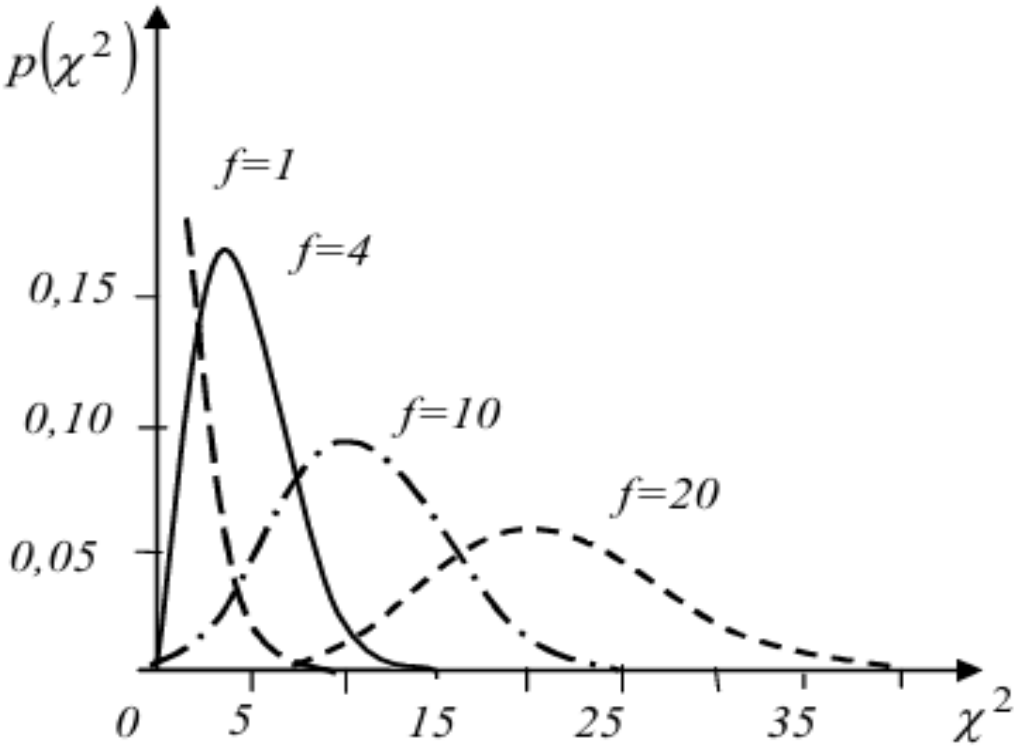
$$\chi_f^2 = \sum_{i=1}^{n} u_i^2 \qquad \left(0 \le \chi_f^2 < \infty\right), \tag{6.9}$$

χ^2-taqsimot deyiladi, bu yerda $f=n$– erkinlik darajasi.

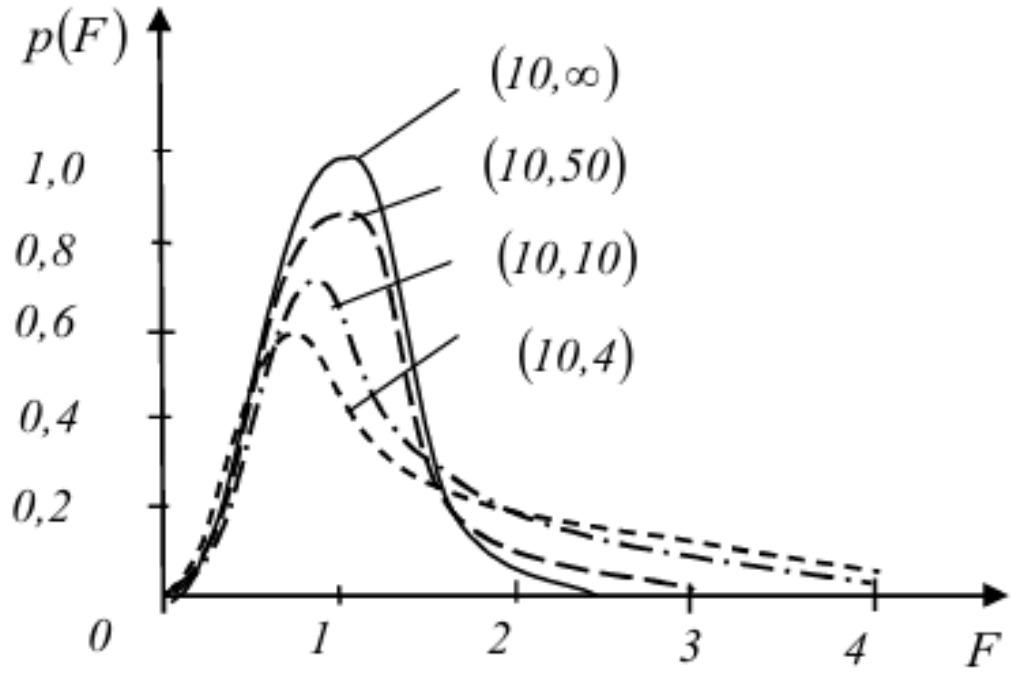
χ^2 funksiyasi normallashtirilganligi sababli taqsimotga ega bo‘lib, faqat f ga bog‘liq. χ^2-taqsimotning zichligi, ya’ni $[\chi^2, \chi^2+d\chi^2]$ oraliqdagi qiymatlarni topish ehtimolini ifodalovchi zichlik quyidagicha ko‘rinishga ega:

$$p\left(\chi^2\right) = \frac{1}{2^{\frac{f}{2}}\Gamma\left(\frac{f}{2}\right)}\left(\chi^2\right)^{\frac{f}{2}-1}\exp\left(-\frac{\chi^2}{2}\right), \tag{6.10}$$

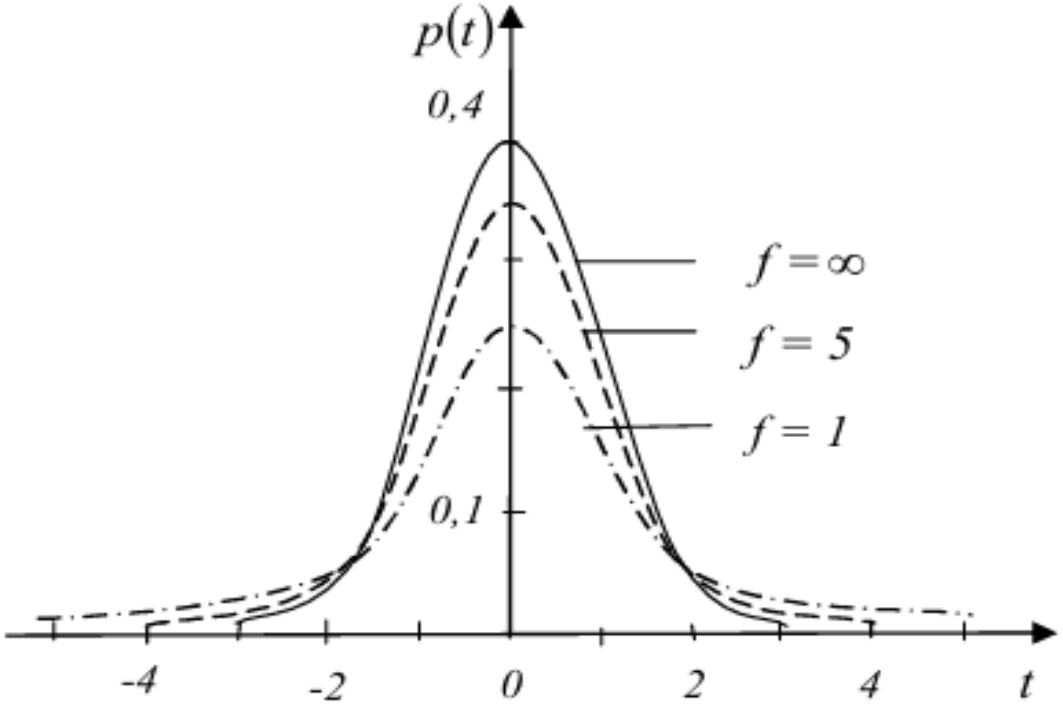
bu yerda Γ – gamma-funksiya. Turli f qiymatlari uchun χ^2-taqsimot zichligi egri chiziqlari 3.2-rasmda keltirilgan. (3.10) ga ko‘ra, $m_1(\chi^2)=f$, $D(\chi^2)=2f$. $f > 1$ bo‘lganda, taqsimot normal taqsimotga yaqinlashadi.



6.2-rasm. Turli *f* qiymatlari uchun χ^2-taqsimot



6.3-rasm. Turli f_1 va f_2 qiymatlari uchun *F*-taqsimot



6.4-rasm. *t*-taqsimotning zichlik egri chiziqlari

3. *Fisher taqsimoti (F-taqsimot).* Quyidagicha aniqlanadi:

$$F(f_1, f_2) = \frac{\chi_1^2}{f_1} \Big/ \frac{\chi_2^2}{f_2} \qquad (0 \le F < \infty), \tag{6.11}$$

F-taqsimot zichligi quyidagicha ifodalanadi:

$$p(F) = \frac{\Gamma\left(\frac{f_1 + f_2}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{f_1}{2}\right)\Gamma\left(\frac{f_2}{2}\right)} \cdot f_1^{\frac{f_1}{2}} \cdot f_2^{\frac{f_1}{2}} \cdot \frac{(F)^{\frac{f_1}{2}-1}}{(f_2 + f_1 F)^{\frac{f_1+f_2}{2}}}. \tag{6.12}$$

Turli f_1 va f_2 qiymatlari uchun *F*-taqsimotning zichlik egri chiziqlari 6.3-rasmda keltirilgan. (6.12) ga ko‘ra, agar f_2>2 bo‘lsa, o‘rtacha qiymati $F=f2/(f2-2)$ bo‘ladi.

4. *Student taqsimoti (t-taqsimot).* Tasodifiy kattalik:

$$t = u / \sqrt{\chi^2 / f} \qquad (-\infty < t < \infty), \tag{6.13}$$

bu yerda u va χ^2 (6.9), (6.10) ifodalarga muvofiq aniqlanadi va St'yudent taqsimotiga ega bo‘ladi.

$$p(t)=\frac{1}{\sqrt{\pi f}}\cdot\frac{\Gamma\left(\frac{f+1}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{f}{2}\right)}\cdot\left(1+\frac{t^2}{f}\right)^{-\frac{f+1}{2}}, \tag{6.14}$$

Bu taqsimotni bevosita (6.12) dan

$$t=\pm\sqrt{F(1,f)}$$

o‘zgarishi orqali olish mumkin, bu yerda t-taqsimot nolga nisbatan simmetrik hisoblanadi. $f\to\infty$ bo‘lganda, taqsimot (0,1) parametrli normal taqsimotga yaqinlashadi (6.4-rasm).

6.3-§. Tanlama va uning xususiyatlari

Tajriba davomida tasodifiy kattalik qabul qilishi mumkin bo‘lgan barcha qiymatlar to‘plami *bosh to‘plam* deb ataladi. U chekli va real mavjud bo‘lishi yoki cheksiz, gipotetik bo‘lishi mumkin. Bosh to‘plam ayrim no-tasodifiy xossalarga ega bo‘ladi, ularni tajriba natijasida aniqlash mumkin.

Ko‘rib chiqilgan taqsimot funksiyalari p(x) bosh to‘plamning xatti-harakatini ifodalaydi. Ammo real tajribada fizik kattalikning kuzatuvlar soni nn cheklangan bo‘ladi, shu sababli kuzatuv natijalarini diskret kattalik sifatida qabul qilish mumkin. Tasodifiy kattalikning qiymatlar to‘plami ($x_1,x_2,x_3, \ldots,x_n$) *tanlama* deb ataladi. Olingan eksperimental natijalar soni nn esa *tanlama hajmi* deb yuritiladi.

Matematik statistikaning asosiy vazifasi shundan iboratki, tanlama sifatida olingan ma'lumotlar asosida butun bosh to‘plamning xossalari

haqida ilmiy asoslangan va ishonchli xulosa chiqarishdir. Bu jarayon o‘lchash natijalaridagi tasodifiylik va o‘zgaruvchanlikni hisobga olgan holda amalga oshiriladi. Tanlama ma’lumotlari yordamida o‘rtacha qiymat, dispersiya, standart og‘ish va boshqa statistik ko‘rsatkichlar aniqlanadi, ularning yordamida butun bosh to‘plamning xatti-harakati yoki xossalari haqida prognozlar tuziladi. Shu tariqa, matematik statistika eksperimental va o‘lchash jarayonlarining natijalarini tahlil qilish, xatoliklarni baholash va ilmiy qarorlar qabul qilishda ishonchli asos yaratadi.

Tanlama bosh to‘plamni yetarlicha to‘liq ifodalashi kerak, ya’ni *namunaviy bo‘lishi* shart. Buning uchun ikki shart bajarilishi kerak:

1. Bosh to‘plamning barcha elementlari tanlamada teng ehtimollik bilan ishtirok etishi kerak;
2. Kuzatuvlar mustaqil bo‘lishi lozim, ya’ni tanlamadagi biror elementning chiqishi boshqa elementlarning chiqish ehtimolligiga ta’sir qilmasligi kerak.

Shu bois, tanlama elementlari tasodifiy bo‘lganligi sababli, tanlama asosida olingan barcha natijalar *ehtimollik xarakteriga ega* bo‘ladi. Tanlama bosh to‘plamning faqat bir qismini o‘z ichiga oladi, lekin shu asosida butun bosh to‘plamning sonli xarakteristikalarini baholash mumkin. Bunda ikki turdagi baholar qo‘llaniladi: *nuqtaviy* va *interval* baho.

- ***Nuqtaviy baho*** – bosh to‘plam parametrini baholash uchun bitta son qabul qilinadi. Masalan, tanlama o‘rtachasi:

$$\overline{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i \qquad (6.15)$$

bu bosh to‘plamning matematik kutilmasi *m* ning nuqtaviy bahosi hisoblanadi.

Dispersiya uchun baho:

$$S^2 = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2 . \qquad (6.16)$$

ham nuqtaviy baho hisoblanadi.

Bir xil fizik yoki matematik kattalik uchun turli xil baholar olinishi mumkin. Masalan, matematik kutilma sifatida tanlama o‘rtachasi, tanlama medianasi, modalar yoki boshqa statistik ko‘rsatkichlar yordamida baho berilishi mumkin. Har bir baholash usuli o‘ziga xos xususiyatlarga ega va ma’lum bir sharoitda yaxshiroq natija berishi mumkin.

Statistikada baholash sifatini aniqlash va tekshirish uchun to‘rtta asosiy mezon qo‘llaniladi:

Xolislik (Biaslessness) – baholash qiymatlari haqiqiy parametr atrofida simmetrik joylashgan bo‘lishi kerak. Boshqacha aytganda, tanlama asosida olingan baholarning o‘rtacha qiymati haqiqiy parametrga teng bo‘lishi kerak. Markaziy chegaraviy teorema asosida tanlama o‘rtachalari taqsimoti normal bo‘lishi natijasida ular simmetrik taqsimlangan deb hisoblanadi.

Samaradorlik (Efficiency) – samarali baho boshqa mavjud baholarga nisbatan eng kichik dispersiyaga ega bo‘lishi lozim. Masalan, tanlama o‘rtachasi dispersiyasi va o‘rtacha kvadratik og‘ishlari minimal bo‘lganligi sababli, u samarali baho sifatida qaraladi. Samaradorlik mezoni baholashning aniqligi va ishonchliligini oshiradi, ya’ni parametrni baholashda eng kam o‘zgaruvchanlikni ta’minlaydi.

Bu mezonlar statistik baholash jarayonida baholarni tanlash va ularning sifatini aniqlashda muhim ahamiyatga ega bo‘lib, eksperimental natijalarni tahlil qilish va ilmiy xulosalar chiqarishda ishonchli asos yaratadi.

Moslashuvchanlik – tanlama hajmi ortgani sari baho qiymati haqiqiy parametr qiymatiga yaqinlashsa, u moslashuvchan hisoblanadi.

- ***Yetarlilik*** – baho tanlamada mavjud barcha ma'lumotlardan foydalanilsa, yetarli hisoblanadi.

Demak, tanlama o'rtachasi matematik kutilmaning eng yaxshi bahosi bo'lib, yuqoridagi barcha to'rtta mezonga javob beradi.

- ***Interval baho*** – bu *ishonch oralig'i* bo'lib, markazida nuqtaviy baho joylashgan va ma'lum ehtimollik bilan haqiqiy parametrni o'z ichiga oladi. Bu ehtimollik *ishonchlilik darajasi* deb ataladi.

Ishonch oralig'i baho aniqligini, ishonchlilik darajasi esa baho ishonchliligini ko'rsatadi. Oralig' kengligi tanlangan ehtimollikka bog'liq: qanchalik ishonchlilik yuqori bo'lsa, oraliq kengroq bo'ladi. Ko'pincha P=0,95, ba'zida esa muhim tadqiqotlarda P=0,99 yoki P=0,999 qabul qilinadi.

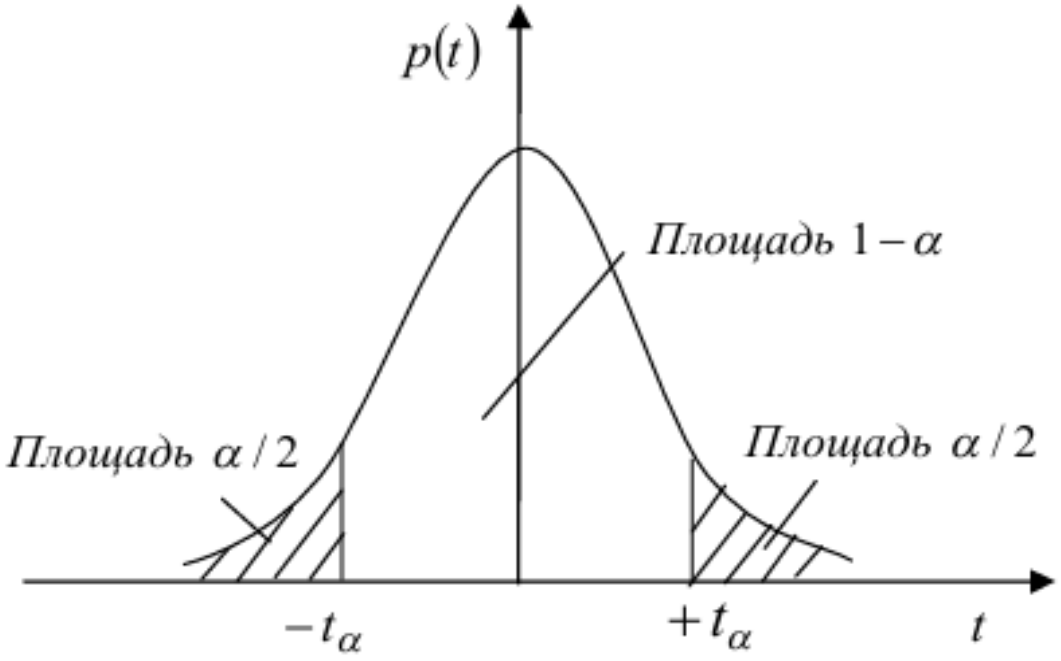
Ishonch oralig'ini qurish tartibi ikki bosqichdan iborat:

1. Baholanayotgan parametr va uning haqiqiy qiymati orasidagi farq yoki nisbatni ifodalovchi tasodifiy funksiya yoziladi va uning taqsimot qonuni aniqlangan bo'lishi shart.
2. Ushbu ehtimollik ifodasi shunday qayta yoziladiki, natijada ishonch oralig'ining aniq chegaralari hosil bo'ladi.

Masalan, dispersiya ma'lum bo'lgan holda matematik kutilma uchun ishonch oralig'i quyidagicha yoziladi:

$$t = \frac{\bar{x} - m_1}{\sigma / \sqrt{n}} \tag{6.17}$$

bu normal taqsimlangan. Normal taqsimot jadvalidan t_α qiymat tanlanadi.



6.5-rasm. Normal taqsimot egri chizig‘i

Demak, quyidagi ehtimoliy bayonotni yozish mumkin:

$$P\left\{-t_\alpha \le \frac{\overline{x}-m_1}{\sigma/\sqrt{n}} \le t_\alpha\right\} = 1-\alpha\,. \tag{6.18}$$

Bundan quyidagilar kelib chiqadi:

$$P\left\{\overline{x}-t_\alpha\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \le m_1 \le \overline{x}+t_\alpha\frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right\} = 1-\alpha\,. \tag{6.19}$$

Bu yerda $(1-\alpha) = P_d$ – *ishonchlilik darajasi*. Ushbu ishonch ehtimolligida matematik kutilmaning m_1 uchun ishonch oralig‘i quyidagi chegaralar bilan aniqlanadi:

$$\left[\overline{x}-t_\alpha\frac{\sigma}{\sqrt{n}};\ \overline{x}+t_\alpha\frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right]$$

Bu yerda

$$\Delta_{\overline{x}} = t_\alpha\frac{\sigma}{\sqrt{n}} = t_\alpha S_{\overline{x}}$$

kattaligi *n* ta kuzatish uchun tasodifiy xatolikni ifodalaydi.

6.4-§. Statistik gipotezalarni tekshirish

Statistik gipoteza (H) — bu umumiy to‘plam (general sovokuplik) xususiyatlariga oid taxmin bo‘lib, u tanlangan ma’lumotlar asosida tekshirilishi mumkin. Boshqacha aytganda, gipoteza, mavjud eksperimental yoki kuzatuv ma’lumotlariga tayangan holda, ob’ekt yoki jarayonning xulq-atvori yoki parametrlariga oid oldindan berilgan taxminni ifodalaydi.

Statistik gipotezalar ikki asosiy turga bo‘linadi:

1. **Parametrik gipotezalar** — ular umumiy to‘plamning ma’lum parametrlari (masalan, o‘rtacha qiymat, dispersiya) haqidagi taxminlarni ifodalaydi. Masalan, “tadqiq qilinayotgan jarayonning o‘rtacha qiymati 50 ga teng” degan gipoteza parametrik hisoblanadi.
2. **Noparametrik gipotezalar** — ular to‘plamning taqsimoti yoki boshqa struktura xususiyatlari haqidagi taxminlarni bildiradi. Masalan, “ma’lumotlar normal taqsimlangan” degan gipoteza noparametrik gipoteza sifatida qaraladi.

Har qanday statistika gipotezasi tajriba yoki kuzatuv o‘tkazilishidan oldin shakllantiriladi. Eksperiment yoki kuzatuv natijalari esa bu gipotezani tasdiqlash yoki rad etish uchun asos bo‘ladi. Shu tariqa, statistika gipotezalari ilmiy tadqiqotlarda eksperimental natijalarni tahlil qilish va ilmiy xulosalar chiqarishda muhim vosita sifatida xizmat qiladi.

Asosiy gipoteza (H_0) odatda ko‘zga tashlanarli farqlarning mavjud emasligini ifodalaydi. Shuning uchun *H_0 nol gipoteza* deb ataladi. Shu bilan bir vaqtda *alternativ gipoteza (H_1)* ham qo‘yiladi.

Statistik gipotezani tekshirish jarayonida empirik (tajriba) ma’lumotlari nazariy (gipotetik) ma’lumotlar bilan solishtiriladi. Gipotezani qabul qilish yoki rad etish qarori ushbu solishtirish natijasiga bog‘liq bo‘ladi. Agar

empirik natijalar va gipotetik qiymatlar orasidagi farq tasodifiy xatolar doirasidan oshmasa, gipoteza qabul qilinadi. Bu holatda gipotezaning “to‘g‘riligini” emas, balki olingan ma’lumotlar bilan gipoteza taqdim etgan taqsimotning mosligini baholash muhim hisoblanadi.

Nol gipoteza (H_0) esa shunday tekshiruv natijalari asosida rad etiladi: agar nol gipoteza haqiqatda to‘g‘ri bo‘lganida, kuzatilgan natijalar ro‘y berish ehtimoli juda past bo‘lardi. Bunday past ehtimollikning chegarasi ahamiyatlilik darajasi (α) deb ataladi. Odatda amaliyotda (\alpha) qiymatlari 0,05, 0,01 yoki 0,001 sifatida qabul qilinadi. Masalan, (\alpha = 0,05) degani shuni bildiradiki, nol gipoteza haqiqatda to‘g‘ri bo‘lsa, kuzatilgan natijalar sodir bo‘lish ehtimoli faqat 5% bo‘ladi.

Shunday qilib, gipotezani tekshirishda asosiy maqsad — ma’lumotlar va gipoteza orasidagi moslikni baholash, rad etish yoki qabul qilish qarorini statistika asosida qabul qilishdir. Bu jarayon ilmiy tadqiqotlarda eksperimental ma’lumotlarning ishonchliligini baholash va xulosalar chiqarishda muhim ahamiyatga ega.

Gipotezani tekshirish jarayoni *statistik kriteriy* orqali amalga oshiriladi. Statistik kriteriy — bu nol gipotezani qabul qilish yoki rad etish shartlarini aniqlaydigan qoida. Kriteriy natijalardan hosil bo‘lgan, taqsimoti ma’lum bo‘lgan tasodifiy funksiya hisoblanadi (masalan, *t-kriteriy, F-kriteriy, χ^2-kriteriy)*. Taqsimot xususiyatiga ko‘ra ayrim qiymatlar ko‘proq ehtimolli, boshqalari esa kamroq ehtimolli bo‘ladi. Shu asosda qiymatlar oralig‘i ikkiga ajratiladi:

- ***gipotezani qabul qilish sohasi***,
- ***tanqidiy (kritik) soha***, ya’ni gipoteza rad etiladigan soha.

Gipotezani tekshirish uchun statistik kriteriy hisoblanadi va uning qiymati qaysi sohada ekanligi tekshiriladi.

Gipotezani tekshirish bosqichlari:

1. Tadqiqot vazifasi statistik gipoteza ko‘rinishida shakllantiriladi.
2. Gipoteza uchun statistik xarakteristika tanlanadi.
3. Nol gipoteza (H_0) va alternativ gipoteza (H_1) tanlanadi, noto‘g‘ri qarorlar va ularning oqibatlari tahlil qilinadi.
4. Qabul qilinishi mumkin bo‘lgan ahamiyatlilik darajasi α belgilanadi.
5. H_0 gipotezani tekshirish uchun kriteriy tanlanadi.
6. Statistik kriteriyning amaliy qiymati hisoblanadi.
7. Mos jadvallardan foydalanib, kriteriyning tanqidiy qiymati aniqlanadi.
8. Amaliy va tanqidiy qiymatlar taqqoslanadi: natijaga ko‘ra H_0 gipoteza rad etiladi yoki qabul qilinadi.

Gipotezani tekshirishda ikki xil xatolik mumkin:

- ***Birinchi tur xatolik*** — nol gipotezani noto‘g‘ri rad etish.
- ***Ikkinchi tur xatolik*** — nol gipotezani noto‘g‘ri qabul qilish.

Mumkin bo‘lgan yechimlar 6.1-jadvalda keltirilgan. Birinchi tartibli xatoliklar ehtimoli α qiymatining ahamiyatlilik darajasiga teng. Hodisani sodir bo‘lmaslik ehtimoli (ya’ni to‘g‘ri qaror qabul qilish) ikkinchi tur xatolikka to‘g‘ri keladi va $(1 - \beta)$ bilan belgilanadi, bu *kriteriy quvvati* deb ataladi. Odatda α belgilanib, β ni iloji boricha kichik qilishga harakat qilinadi. 6.1-jadval

Gipotezani tekshirishda mumkin bo‘lgan qarorlar

Kriteriy bo‘yicha qaror	Aslida	
	H_0 to‘g‘ri	H_0 noto‘g‘ri
H_0 rad etiladi	Birinchi tur xatolik	To‘g‘ri qaror
H_0 rad etilmaydi	To‘g‘ri qaror	Ikkinchi tur xatolik

6.5- §. Taqsimot qonuni haqidagi gipotezani tekshirish

Taqsimot haqidagi gipotezalarda tadqiqot ob'ekti yoki general sovokuplikdagi o'lchash natijalari ma'lum bir taqsimot qonuniga bo'ysaydi, degan taxmin qilinadi. Eksperiment rejalashtirish jarayonida kuzatiladigan fizik kattaliklar qiymatlarining normal taqsimotga mos kelishi muhim ahamiyatga ega, chunki ko'plab statistik metodlar, jumladan parametrik testlar, aynan normal taqsimot asosida ishlaydi.

Shuning uchun nol gipoteza H_0 quyidagicha ifodalanadi: kuzatuv natijalari normal taqsimot qonuniga bo'ysaydi. Bu gipoteza qabul qilinsa, demak, olingan natijalar ma'lum darajada statistik jihatdan kutilgan dispersiya va o'rtacha qiymat atrofida taqsimlangan deb qaraladi.

Alternativ gipoteza H_1 esa kuzatuv natijalari normal taqsimotga mos kelmaydi, degan taxminni bildiradi. Agar tajriba natijalari (H_0) ga mos kelmasa, ya'ni kuzatilgan farq tasodifiy xatolar doirasidan oshsa, H_0 rad etiladi va H_1 qabul qilinadi. Bu gipotezalarni tekshirishda ahamiyatlilik darajasi (α) yordamida xatolik ehtimoli nazorat qilinadi.

Shunday qilib, taqsimot haqidagi gipotezalar eksperiment natijalarining statistik xususiyatlarini baholash va keyingi tahlil usullarini to'g'ri tanlash uchun asosiy vosita hisoblanadi.

Gipotezaning statistik xarakteristikasi sifatida taqsimot parametrlarining baholari olinadi. Bir xil kattalikni n marta kuzatishda barcha doimiy sistematik xatolar butunlay yo'q qilingan. U holda i-chi $x_i=x_{haq}+\Delta_i$ kuzatish natijasi Δ_i absolyut tasodifiy xatolik bilan olinadi.

Agar xatoliklar normal taqsimot qonuniga bo'ysunsa, haqiqiy qiymat x_{haq} ning eng yaxshi bahosi matematik kutilmaning bahosiga teng bo'ladi

(formula 6.15). Shundan so‘ng har bir *n* ta kuzatuv uchun absolyut xatolik hisoblanadi:

$$\Delta_i = x_i - \bar{x} \ . \tag{6.20}$$

Keyin kuzatuvlar dispersiyasining bahosi (SKO) hisoblanadi, u o‘lchash usuli aniqligini ifodalaydi:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\Delta_i^2} \ . \tag{6.21}$$

Agar kuzatuvlar soni (n > 20) bo‘lsa, intervalli variatsion qator tuziladi. Bunday qator quyidagi tarzda tashkil etiladi:

- Birinchi ustunda qiymatlar **“dan–gacha”** shaklidagi intervallar ko‘rinishida beriladi. Bu intervallar har bir guruhdagi qiymatlar oralig‘ini ifodalaydi.
- Ikkinchi ustunda esa har bir intervalga to‘g‘ri keluvchi elementlar soni, ya’ni har bir guruhdagi kuzatuvlar soni ko‘rsatiladi.

Interval kattaligi quyidagicha aniqlanadi:

$$h = \frac{R}{m} = \frac{x_{max} - x_{min}}{m}, \tag{6.22}$$

bu yerda R — variatsiya oralig‘i (maksimal va minimal kuzatuvlar farqi), m — guruhlar soni.

Guruhlar soni odatda Sterdjess formulasi yordamida taxminiy tarzda aniqlanadi:

$$m = 1 + 3{,}32 \cdot lgn. \tag{6.23}$$

bu yerda n — kuzatuvlar umumiy soni.

Shunday qilib, intervalli variatsion qator tuzish yordamida kuzatuvlar taqsimoti qulay ko‘rinishda vizual va statistik tahlil uchun tayyorlanadi.

Formula bo‘yicha olingan kattalik katta bo‘lgan butun songacha yaqinlashtiriladi. Birinchi intervalning quyi chegarasi esa x_{min} dan oxirgi razryadning yarmini ayirish yo‘li bilan aniqlanadi.

Bu holda matematik kutilmaning bahosi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{j=1}^{m} x'_j f_j^*}{\sum_{j}^{m} f_j^*}, \tag{6.24}$$

bunda x_j' – intervalning o‘rta qiymati; f_j^* – kuzatish natijasi x_i ning berilgan intervalga tushish chastotasi; j – interval tartib raqami.

SKO bahosi esa quyidagicha aniqlanadi:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{m} \left(x'_j - \bar{x}\right)^2 f_j^*}{\sum_{j=1}^{m} f_j^*}}. \tag{6.25}$$

Qabul qilinadigan ahamiyatlilik darajasi α odatda α=0.05 etib belgilanadi. Gipotezani tekshirish mohiyati shundan iboratki: empirik (amaldagi) chastotalarni nazariy (teoretik) chastotalar bilan taqqoslab, ularning mos kelishi yoki kelmasligi haqida xulosa chiqariladi.

Nazariy va empirik taqsimotlarning yaqinligini tekshirish uchun *o‘zaro kelishuvchanlik mezonlari* qo‘llaniladi. Eng ko‘p tarqalgani — *Pirson mezoni* (χ^2), u quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$\chi^2 = \sum_{j} \frac{\left(f_j^* - f_j\right)^2}{f_j}, \tag{6.26}$$

bunda f_j^* – intervaldagi empirik chastota; f_j – intervaldagi nazariy chastota.

Agar barcha empirik chastotalar nazariy chastotalarga to‘liq teng bo‘lsa, χ^2 qiymati **0** ga teng bo‘ladi. Ya’ni, kuzatilgan va kutilgan taqsimotlar orasida hech qanday farq yo‘q.

Empirik va nazariy chastotalar o‘rtasidagi farq qanchalik katta bo‘lsa, χ^2 shunchalik katta bo‘ladi. Shu bilan birga, agar bu farq ahamiyatsiz bo‘lsa yoki tasodifiy xatolar doirasida bo‘lsa, χ^2 qiymati kichik bo‘ladi.

χ^2 statistikasi shunday tarzda ishlaydi: u empirik kuzatuvlar bilan nazariy kutilgan qiymatlar orasidagi tafovutlarni o‘lchaydi va gipoteza H_0 (masalan, kuzatuvlar ma’lum bir taqsimotga bo‘ysunadi) ni qabul qilish yoki rad etishda asos bo‘ladi.

χ^2 qiymati kuzatuvlar va kutilgan taqsimotlar orasidagi moslik darajasini raqamli ifodalaydi.

$$f_j = \frac{n \cdot i}{S\sqrt{2\pi}} \exp\left(-t_j^2/2\right), \tag{6.27}$$

bunda n – kuzatishlar soni, p_j – natijaning berilgan intervalga tushish ehtimoli.

Normal taqsimot holatida p_j quyidagicha aniqlanadi:

$$t_j = \frac{x'_j - \bar{x}}{S}. \tag{6.28}$$

Kattalik

$p(t) = \left(\sqrt{2\pi}\right)^{-1} \exp\left(-t^2/2\right)$ – jadval qiymati (1-ilova), shuning uchun (6.27)-formulani quyidagi ko‘rinishda qayta yozish mumkin:

$$f_j = \frac{n \cdot i}{S} p\left(t_j\right). \tag{6.29}$$

Pirson mezonini hisoblashda bajarilishi shart bo‘lgan qoidalar:

- kuzatishlar soni yetarlicha katta bo‘lishi kerak ($n \geq 50$);

- intervallardagi teoretik chastotalar 5 dan ortiq bo‘lishi shart. Agar ba’zi intervallarda teoretik chastota 5 dan kichik bo‘lsa, qo‘shni intervallar birlashtiriladi.

Kritik qiymat χ_T^2 — *Pirson taqsimoti jadvali* (ilova 2) bo‘yicha *erkinlik darajasi (f.d.)* va ahamiyatlilik darajasi α ga muvofiq aniqlanadi:

$$d.f. = k - (p+1). \tag{6.30}$$

Erkinlik darajasi soni quyidagicha hisoblanadi: agar empirik taqsimot qatorida *k* ta kategoriya (ya’ni intervallar soni, birlashtirishni hisobga olgan holda) mavjud bo‘lsa, unda $f_1^*, f_2^*, \ldots, f_k^*$ empirik chastotalar quyidagi munosabatga bo‘ysunadi:

$$\sum_{j=1}^{k} f_j^* = n.$$

- Agar empirik qator k ta kategoriya (intervallar) bilan berilgan bo‘lsa, nazariy taqsimotning barcha parametrlari ma’lum bo‘lsa, faqat k-1 ta chastota ixtiyoriy bo‘lishi mumkin, chunki oxirgi chastota boshqa chastotalar yordamida aniqlanadi. Shu sababli erkinlik darajasi f = k - 1 bo‘ladi.
- Agar nazariy taqsimotning p parametri noma’lum bo‘lsa va uni empirik ma’lumotlardan hisoblash kerak bo‘lsa, har bir noma’lum parametr tizimdan bir erkinlik darajasini yo‘qotadi.

$$d.f. = k - (p+1).$$

Bu qoidalar Pirson χ^2 mezonini to‘g‘ri hisoblash va gipoteza tekshirishda zarur shartlarni belgilaydi.

Shunday qilib, *erkin o‘zgaradigan chastotalar soni (va demak, erkinlik darajasi soni)* quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\sum_{j=1}^{k} f_j^* = n .$$

Agar $\chi^2 < \chi_T^2$ bo‘lsa, u holda nol gipoteza H_0 (empirik ma’lumotlar normal taqsimot qonuniga bo‘ysunadi) qabul qilinadi.

6.6- §. Eksperimental ma’lumotlarning normal taqsimot qonuniga mosligini tekshirish misoli

6.2-jadvalda mahsulot birligini ishlab chiqarishga ketgan vaqt bo‘yicha olingan eksperimental ma’lumotlar taqdim etilgan. Ushbu ma’lumotlar asosida 95% ishonch darajasi bilan (P=0,95P = 0,95P=0,95) tekshirish talab qilinadi: ya’ni, ishlab chiqarish vaqtining taqsimoti **normal taqsimot qonuniga** amal qiladimi yoki yo‘qligini aniqlash kerak.

Tekshirish jarayoni quyidagicha amalga oshiriladi:

1. **Empirik chastotalar aniqlanadi:** ma’lumotlar intervallar bo‘yicha guruhlanadi va har bir intervalga to‘g‘ri keluvchi kuzatuvlar soni (empirik chastota) hisoblanadi.
2. **Nazariy chastotalar hisoblanadi:** agar vaqt normal taqsimotga ega bo‘lsa, har bir interval uchun kutiladigan chastota (EiE_iEi) normal taqsimot formulasi yordamida aniqlanadi.
3. **Pirson χ^2 testi qo‘llanadi.**
4. **Erkinlik darajasi va kritik qiymat aniqlanadi:** erkinlik darajasi f=k−1−p formulasi bilan hisoblanadi, bunda k – intervallar soni, p – taqsimot parametrlarining empirik qator orqali hisoblangan soni. Pirson taqsimoti jadvalidan $\alpha = 0,05$ ahamiyatlilik darajasi uchun kritik χ^2 qiymati olinadi.

5. **Gipoteza tekshiriladi:** agar χ^2 hisoblangan qiymat χ^2 kritikdan kichik bo‘lsa, nol gipoteza qabul qilinadi va ma’lumotlar **normal taqsimotga bo‘ysunadi**; aks holda, gipoteza rad etiladi.

Shunday qilib, ushbu jarayon orqali mahsulot birligini ishlab chiqarishga ketgan vaqtning taqsimoti normal ekanligi yoki yo‘qligi statistik asosda aniqlanadi.

6.2-jadval

Mahsulot birligini ishlab chiqarish vaqti sarfi

Mahsulot raqami	Operasion vaqt, min									
1-10	9	9	11	9	9	11	9	7	9	6
11-20	9	6	9	11	9	7	9	7	10	7
21-30	9	10	6	10	8	6	9	8	8	8
31-40	8	7	8	7	9	8	9	11	9	9
41-50	8	10	9	8	10	8	8	9	11	9

Nol gipoteza H_0: kuzatish natijalari normal taqsimot qonuniga bo‘ysunadi.

Nazariy taqsimot parametrlari $\bar{x}$ va S hisoblanadi. Ma’lumotlar variatsion qator ko‘rinishida umumlashtiriladi (6.3-jadval).

- Variasiya diapazoni: $R=x_{max}-x_{min}=11-6=5$ *(min);*
- Intervallar soni: $m=1+3{,}32\cdot lgn\approx 1+3{,}32\cdot lg50\approx 6$;
- Interval kattaligi: $i = R/m = 56 \approx 0{,}8$ min, i=1 min qabul qilamiz;
- O‘rtacha qiymat: $\bar{x}$=8,6 min;
- SKO bahosi: (6.25) formuladan S=1,3 min.

6.3-jadval

Empirik taqsimot qatori

Interval guruhlashtirishi	**5,5 – 6,5**	**6,5 – 7,5**	**7,5 – 8,5**	**8,5 – 9,5**	**9,5 – 10,5**	**10,5 – 11,5**
Interval markazi x_j'	6	7	8	9	10	11
Empirik chastota f_j^*	4	6	11	19	5	5

Nazariy chastotalarni hisoblash uchun 6.4-jadvaldan (6.29) formuladan foydalaniladi:

$$\frac{n \cdot i}{S} = \frac{50 \cdot 1}{1{,}3} = 38{,}5\,;\ t_j = \frac{x_j' - 8{,}6}{1{,}3}\,;\ f_j = 38{,}5 \cdot p(t_j)$$

Bu yerda p_j qiymatlari 1-ilova bo‘yicha olinadi.

6.4-jadval

Interval guruhlashtirishi	**5,0 – 6,0**	**6,0 – 7,0**	**7,0 – 8,0**	**8,0 – 9,0**	**9,0 – 10,0**	**10,0 – 11,0**
Interval markazi x_j'	6	7	8	9	10	11
Normal chetlashuv	-2,01	-1,24	-0,47	0,32	1,07	1,86
P - qiymatlar	0,0540	0,19	0,36	0,386	0,223	0,07
Nazariy chastota f_j	2,1	7,2	13,8	14,6	8,6	2,8
Empirik chastota f_j^*	5	7	12	18	6	6

Pirson mezonidan foydalanish uchun nazariy takrorlanish soni 5 dan katta bo‘lishi kerakligi sababli, birinchi va ikkinchi hamda beshinchi va oltinchi intervallar birlashtiriladi (6.5-jadval).

6.5-jadval

Intervallarni birlashtirish variatsion qatori

Interval guruhlashtirishi	**5,0 – 7,0**	**7,0 – 8,0**	**8,0 – 9,0**	**9,0 – 11,0**
Nazariy chastota f_j	9,3	13,8	14,6	11,4
Empirik chastota f_j^*	11	12	19	11

Pirson χ^2-kriteriyasi hisoblanadi:

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^{4} \frac{(f_j^* - f_j)^2}{f_j} = 2{,}08\,.$$

Erkinlik darajasi formula (6.30) bo‘yicha k=4 (birlashtirilgandan so‘ng intervallar soni) p=2 ($\bar{x}$ va S hisoblangan) $f.d. = k - 1 - p = 4 - 1 - 2 = 1$.

6.5-jadvalda berilgan kritik qiymat 1 erkinlik darajasi va α=0,05 uchun:

$$\chi_T^2 = 3{,}841; \qquad \chi^2 = 2{,}08 < \chi_T^2.$$

Shu sababli, empirik ma’lumotlarga asoslanib, **nol gipoteza H_0** qabul qilinadi: ya’ni, kuzatilgan ma’lumotlar normal taqsimot qonuniga bo‘ysunadi. Bu gipoteza shunday taxminni bildiradiki, agar eksperiment yoki kuzatuv natijalari ko‘p marotaba takrorlansa, ular matematik jihatdan normal taqsimlangan bo‘ladi.

Agar empirik va nazariy (normal) taqsimotlar orasidagi farq tasodifiy xatolar doirasidan oshmasa, H_0 gipoteza rad etilmaydi. Shu bilan birga, bu gipoteza **ta’rifan to‘g‘rilikni kafolatlamaydi**, balki ma’lumotlar bilan nazariy taqsimot o‘rtasidagi moslikni baholashga imkon beradi

6.7- §. Parametrik gipotezalarni tekshirish

Parametrik gipotezalarga odatda taqsimot qonunining **sonli xarakteristikalari** bilan bog‘liq bo‘lgan taxminlar kiradi. Bu gipotezalar ma’lumotlar to‘plamining matematik parametrlari (masalan, o‘rta qiymat, dispersiya) haqidagi farazlarni tekshiradi.

Umumiy o‘rta qiymatlar haqidagi asosiy gipotezalar quyidagilardan iborat:

1. **Matematik kutilmaning ma’lum qiymatga tengligi haqidagi gipoteza** – bu gipoteza ma’lum dispersiya mavjud bo‘lgan hollarda yoki dispersiya noma’lum bo‘lganda, o‘lchashlar asosida tanlanadigan o‘rta qiymat belgilangan raqamga tengligini tekshiradi. Masalan, bir mahsulotning ishlab chiqarish jarayonida vaqt bo‘yicha o‘rta qiymati standartga mos keladimi-yo‘qmi degan savolga javob beradi.
2. **O‘rta qiymatlarning tengligi haqidagi gipoteza** – bu gipoteza normal taqsimlangan ko‘pliklar o‘rtasida o‘rta qiymatlarning tengligini tekshiradi. Bunda turli holatlar mavjud:
    - Dispersiya ma’lum bo‘lganda;
    - Dispersiya noma’lum bo‘lganda, lekin teng dispersiya faraz qilingan;
    - Dispersiya noma’lum va tengsiz bo‘lganda.

Praktikada birinchi vazifa, ya’ni o‘rta qiymatning ma’lum qiymatga tengligi, ko‘pincha **noma’lum dispersiya sharoitida** hal qilinadi, chunki ko‘plab real jarayonlarda dispersiya oldindan aniq ma’lum bo‘lmaydi.

Sinov gipotezasi: $H_0 : m_1 = a$

Gipotezani tekshirish *t-kriteriyasi* yordamida amalga oshiriladi.

- Ko‘p miqdordagi kuzatuvlarda kritik qiymat *ehtimoliy integrali jadvali*dan (ilova 3) olinadi.
- Kamidagi kuzatuvlarda (n<20) *Styudent taqsimoti jadvali*dan (ilova 4) belgilangan ahamiyat darajasi va erkinlik darajasi *(f.d.=n−1)* uchun olinadi.

Faktik kriteriya qiymati quyidagicha hisoblanadi:

$$t = \frac{\bar{x} - a}{S_{\bar{x}}}, \qquad (6.31)$$

bu yerda S_x — *ta’rifiy o‘rta qiymatning tanlov xatosi*.

- Kichik tanlovda:

$$S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n-1}}, \tag{6.32}$$

- Katta tanlovda:

$$S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}}. \tag{6.33}$$

Tanlovning SKO *S formula (6.21) yoki (6.25)* orqali, tanlov hajmiga qarab, aniqlanadi. Agar $|t| < t_T$ bo‘lsa, gipoteza H_0 qabul qilinadi.

O‘rta qiymatlarning tengligi gipotezasi shunda qo‘yiladi, agar ikki tanlov o‘rta qiymatlari orasidagi farq *ahamiyatli* ekanini aniqlash kerak bo‘lsa. Bu gipotezani tekshirishda ikki tanlov o‘rta qiymatlari orasidagi *o‘rtacha (standart) tasodifiy xato* S_δ qiymati aniqlanadi.

Ikki mustaqil tanlov uchun:

$$S_\delta = \sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}, \tag{6.34}$$

bu yerda S_1^2 va S_2^2 — birinchi va ikkinchi tanlovlardagi tanlov dispersiyalari.

$$S_1^2 = \frac{\sum (x' - \bar{x}_1)^2 f}{n_1 - 1};\ S_2^2 = \frac{\sum (x' - \bar{x}_2)^2 f}{n_2 - 1}. \tag{6.35}$$

Faktik kriteriya qiymati:

$$t = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{S_\delta}. \tag{6.36}$$

Kritik qiymat t_T *Styudent taqsimoti jadvalidan* belgilanadi, beriladigan ahamiyat darajasi va erkinlik darajasi $f.d. = n_1 + n_2 - 2$ teng.

Agar $|t| < t_T$ bo‘lsa, nol gipoteza qabul qilinadi. Shuningdek, shu holda *ikki gruppaostidagi matematik kutilmalar bir xil* deb hisoblanishi mumkin va bu gruppaostidagilar birlashtirilib, umumiy o‘rta qiymat bilan tavsiflanadi.

Parametrik gipotezalarni tekshirishda shuningdek, eksperiment ma’lumotlarida katta xatolar (qo‘pol xatolar, chetga og‘ishlar) mavjudligini aniqlash mumkin. Agar kuzatuv natijalari guruhida bir yoki ikki qiymat boshqalardan sezilarli darajada farq qilsa va bu farqni o‘lchov xatolari yoki yozib olishdagi xatolik bilan izohlashning imkoni bo‘lmasa, bunday qiymatlar **qo‘pol xatolar** (outlier) deb hisoblanadi. Bunday holatda ularni aniqlash va statistik tahlildan chiqarib tashlash talab etiladi, chunki ular natijalarni noto‘g‘ri talqin qilishga olib kelishi mumkin.

Qo‘pol xatolarni aniqlash vazifasi odatda **statistik gipotezalarni tekshirish usullari** orqali amalga oshiriladi. Bu jarayonda natijalarning **normal taqsimotga** ega ekanligi taxmin qilinadi, chunki ko‘plab real o‘lchovlar va tajribalar normal taqsimotga yaqinlashadi.

Tekshirilayotgan gipoteza quyidagicha shakllantiriladi:
i-kuzatuv natijasi x_i qo‘pol xatolarni o‘z ichiga olmaydi, ya’ni u o‘lchash qiymatlarining bir qismi hisoblanadi.

Agar bu gipoteza qabul qilinsa, demak x_i boshqa o‘lchov natijalari bilan mos keladi va statistik tahlilda ishonch bilan foydalanilishi mumkin. Agar gipoteza rad etilsa, x_i natijalardan chiqarib tashlanishi kerak.

Bu usul yordamida ma’lumotlar to‘plami **tozalangan** va statistik tahlil uchun ishonchli holatga keltiriladi, bu esa keyingi hisob-kitoblar va gipotezalarni tekshirish jarayonini aniq va samarali qiladi.

Belgilangan statistik kriteriylar orqali gipotezani rad etishga harakat qilinadi. Agar gipoteza rad etilsa, *kuzatuv natijasi qo‘pol xato* deb qaraladi va chiqarib tashlanadi.

Normallikni baholash kriteriyasi (SKO noma’lum): Agar bu kriteriy orqali qo‘pol xatolar chiqarilsa, quyidagilar amalga oshiriladi:

1. *n* kuzatuv natijalari $x_1 \le x_2 \le \cdots \le x_n$ kattalik bo‘yicha tartiblanadi; Taklif qilinadigan ta’sirlar ajratiladi, odatda bu x_1 va x_n bo‘lishi mumkin.

2. ***Matematik kutilma*** ekstremal qiymatlar hisobga olinmay $\bar{x}$ *va SKO S* aniqlanadi.

3. Taklif qilinayotgan ta’sirlar uchun quyidagicha koeffitsientlar hisoblanadi:

$$t_1 = \frac{|x_1 - \bar{x}|}{S};\ t_n = \frac{|x_n - \bar{x}|}{S}, \qquad (6.37)$$

4. ***Xato ahamiyat darajasi α*** belgilanadi. Bu daraja yetarli kichik bo‘lishi kerak, xato ehtimoli kam bo‘lsin.

5. Belgilangan α va *n* parametrlariga asosan *Styudent taqsimoti* **(***n<20***)** yoki *normal taqsimot (n>20)* jadvallaridan kritik qiymat t_T olinadi (ilovalar 3 va 4).

5. Formulalar (3.37) bo‘yicha aniqlangan koeffitsientlarni kritik qiymatlar bilan solishtiradilar. Agar $t_1 > T_t$ va $t_n > T_t$ shartlar , bu holda x_1 va x_n natijalari ta’sir sifatida qaraladi va kuzatuv natijalaridan chiqarib tashlanadi. Protsedura keyingi natijalar uchun takrorlanadi (x_2, x_{n-1} va h.k.) — to holatgacha, barcha chetga og‘ishlar tanlovdan chiqarilmaydi.

«Uchinchi sigma» (3σ) kriteriyasi*:* Bu kriteriy *normal taqsimlangan o‘lchov natijalari* uchun qo‘llaniladi. Uning bir chek parametri — o‘lchovlarning SKO (S).

- Shu kriteriyaga ko‘ra, agar natija ehtimol bilan $\alpha<0,003$ kam bo‘lsa, uni *kam ehtimolli va ta’sir* deb hisoblash mumkin:

$|x_i - \bar{x}| > 3S.$

Bu kriteriy $20 \le n \le 50$ bo‘lgan o‘lchovlar uchun yaxshi ishlaydi.

Takrorlash uchun savollar:

1. Tasodifiy kattalikning taqsimot funksiyasi va zichlik funksiyasi nima?
2. Tasodifiy kattalikning matematik kutilmasi va dispersiyasini ta’riflang.
3. Eksperimentni rejalashtirishda qo‘llanadigan tasodifiy kattalikning asosiy taqsimot qonunlari. Bu qonunlarning sonli xarakteristikalari.
4. Asosiy ommaviylik va tanlovni ta’riflang.
5. Nuqta bahosi xarakteristikalari va uning sifati kriteriylari.
6. Interval bahosi va ishonch intervali.
7. Ahamiyat darajasi va gipotezani qabul qilish hududi nima?
8. Statistik kriteriyni ta’riflang. Kriteriy quvvati nima deb ataladi?
9. Gipotezani tekshirish bosqichlarini sanang.
10. Birinchi va ikkinchi tur xatolarga nima kiradi va ularning sodir bo‘lish ehtimoli qancha?
11. Taqsimot qonuni gipotezasini tekshirishda hal etiladigan masala.
12. Pirson kriteriyasining taqsimot qonuni gipotezasini tekshirishdagi roli.
13. Parametrik gipotezalarni tekshirishda qo‘llanadigan statistik kriteriylar.
14. Tanlov o‘rtacha qiymatlari haqida asosiy gipotezalar va ularni tekshirish tartibi.
15. Parametrik gipotezalar orqali grub xatolarni aniqlash.

VII BOB. DISPERSIYALI TAHLIL ELEMENTLARI

7.1-§. Umumiy ma’lumotlar

Dispersiyali tahlil (ANOVA) — bu statistik usul bo‘lib, u kuzatuv natijasiga (ya’ni javob o‘zgaruvchisiga) bir yoki bir nechta **mustaqil omillar**ning ta’sirini baholash uchun qo‘llaniladi. Mazkur usul yordamida natijaviy belgi (masalan, hosil miqdori, mahsulot sifati yoki tajriba natijasi) qanday darajada omillar — masalan, temperatura, bosim, vaqt, tezlik, yoki boshqa tajriba sharoitlariga — bog‘liq ekanligi aniqlanadi.

Agar kuzatuv natijalari bir nechta mustaqil omillar ta’sirida shakllansa, u holda ularning umumiy ta’sirini, har bir omilning alohida hissasini va omillar o‘rtasidagi o‘zaro ta’sirni **dispersiyalarni solishtirish** orqali tahlil qilish mumkin. Dispersiyali tahlilning asosiy g‘oyasi shundan iboratki, umumiy dispersiya (ya’ni o‘lchov natijalarining umumiy tarqoqligi) turli manbalarga — omillar ta’siriga va tasodifiy xatolarga — ajratiladi.

Ushbu usulning afzalligi shundaki, u faqat omillar ta’siri bor-yo‘qligini aniqlabgina qolmay, balki bu ta’sirning **statistik ahamiyatli** yoki **ahamiyatsiz** ekanligini ham ko‘rsatadi. Boshqacha qilib aytganda, ANOVA yordamida quyidagilar tekshiriladi:

- turli omillar o‘zgarishi natijaviy belgi o‘rtacha qiymatini sezilarli darajada o‘zgartiradimi;
- omillar orasida o‘zaro ta’sir mavjudmi;
- tasodifiy omillar ta’sirini hisobga olgan holda, har bir omilning umumiy dispersiyadagi hissasi qanday.

Natijada dispersiyali tahlil tajriba ma’lumotlarini ilmiy asosda baholash, omillarni optimallashtirish va eng muhim ta’sir etuvchi omillarni aniqlash imkonini beradi. Shu bois u fizika, biologiya, qishloq xo‘jaligi, texnika va iqtisodiyot kabi ko‘plab sohalarda keng qo‘llaniladi.

Shu tariqa, javobning umumiy dispersiyasi mustaqil omillar ta’siri bilan bog‘liq bo‘lgan tasodifiy komponentlarga va tajriba xatolari bilan bog‘liq qoldiq dispersiyaga ajratiladi. Biror omilning tajriba natijasiga ta’siri muhimligi haqida qaror shunga bog‘liqki, ushbu omil ta’siriga to‘g‘ri keluvchi dispersiya qismasi tajriba xato dispersiyasiga nisbatan qanchalik ahamiyatli.

Omillar soniga qarab *biromilli* va *ko‘pomilli* dispersiyali tahlil ajratiladi. Eng oddiy holat — faqat bitta omilning ta’siri tekshirilayotgan vaziyat. Guruhlashtirish asosida belgilangan belgilanuvchi (priznak) va natija ko‘rsatkichi o‘rtasidagi bog‘liqlikni tasdiqlash uchun bir necha o‘rta qiymatlar orasidagi farqning ahamiyatliligini tekshirish lozim.

Agar barcha n kuzatuvlar k guruhga bo‘lingan bo‘lsa, guruhlashtirish asosida omil ta’siridan kelib chiqadigan o‘zgaruvchanlikni *guruhlar orasidagi dispersiya* δ^2 ifodalaydi. Bu dispersiya *guruhlar bo‘yicha xususiy o‘rtacha qiymatlar* x_j va umumiy o‘rtacha qiymat $\bar{x}_0$ orasidagi farqning ko‘lamini o‘lchaydi.

Guruhlar orasidagi dispersiyani baholash formulasi:

$$S_\delta^2 = \frac{\sum_{j=1}^{k} (\bar{x}_j - \bar{x}_0)^2 f_j}{k-1}, \tag{7.1}$$

bu yerda $f_j - 1$ — j-gurhdagi elementlar soni; x_j — j-gurh bo‘yicha xususiy o‘rtacha qiymat; $\bar{x}_0$— umumiy o‘rtacha qiymat.

Guruhlardagi qolgan omillar ta’siridan kelib chiqadigan o‘zgaruvchanlikni *guruhlar orasidagi dispersiya* σ_j^2 ifodalaydi.

Uning bahosi:

$$S_j^2 = \frac{\sum_{i=1}^{f_j}(x_{ij} - \bar{x}_j)^2}{f_j - 1}. \quad (7.2)$$

Guruhlar ichidagi dispersiyalarning o‘rtacha qiymati — *o‘rtacha SKO:*

$$\overline{S}^2 = \frac{\sum_{j=1}^{k}\sum_{i=1}^{f_j}(x_{ij} - \bar{x}_j)}{n - k}. \quad (7.3)$$

Jami dispersiya σ_0^2, guruhlar ichidagi o‘rtacha dispersiya σ^2 va gurhlar orasidagi dispersiya δ^2 o‘rtasida quyidagicha bog‘lanish mavjud:

$$\sigma_0^2 = \overline{\sigma}_j^2 + \delta^2. \quad (7.4)$$

Agar tanlangan guruhlashtirish omili kuzatilayotgan belgining (ya’ni natijaviy o‘zgaruvchining) o‘zgarishiga sezilarli ta’sir ko‘rsatmasa, demak, bu omilning mavjudligi yoki yo‘qligi natijaviy belgi qiymatlariga deyarli ta’sir etmaydi. Bunday holatda **guruhlar bo‘yicha o‘rtacha qiymatlar dispersiyasi** aslida faqat **tasodifiy omillar** yoki kuzatishdagi tabiiy tebranishlar ta’sirini aks ettiradi.

Shu sababli, omil mavjud bo‘lgan holatda ham, bo‘lmagan holatda ham **dispersiyalar nisbati** bir-biriga juda yaqin bo‘ladi. Ya’ni, bu nisbat **birga teng yoki birga yaqin** qiymatlarni qabul qiladi. Bu shuni anglatadiki, omilning o‘zi kuzatuv natijalariga sezilarli ta’sir ko‘rsatmagan, o‘zgaruvchanlikning asosiy sababi esa tasodifiy tebranishlar, o‘lchov xatolari yoki nazorat qilinmagan tashqi omillar bilan izohlanadi.

Boshqacha qilib aytganda, agar omil ta’siri mavjud bo‘lmasa, **guruhlar o‘rtasidagi dispersiya** (ya’ni o‘rtacha qiymatlar farqi) **guruh ichidagi dispersiya** bilan bir xil kattalikda bo‘ladi. Faqatgina omil ta’siri mavjud bo‘lganda, guruhlar o‘rtasidagi dispersiya ahamiyatli darajada oshadi. Shu munosabatdan foydalanib, dispersiyali tahlilda omilning ta’sir darajasi maxsus statistik mezonlar yordamida (masalan, **F-Fisher mezoni**) orqali tekshiriladi.

Dispersiyalar nisbati quyidagicha ifodalanadi:

$$F = \frac{\delta^2}{\overline{\sigma}^2} \tag{7.5}$$

yoki

$$F = \frac{S_\delta^2}{\overline{S}^2}. \tag{7.6}$$

Agar nol gipoteza to‘g‘ri bo‘lsa (ikki tanlovda o‘rtacha qiymatlar teng), kuzatuvlar o‘rtacha qiymatlaridagi farqni asosan tasodifiy o‘zgarishlardan kelib chiqadi deb kutsa bo‘ladi. Shuning uchun, agar **nol gipoteza** haqiqatan ham to‘g‘ri bo‘lsa, ya’ni tanlangan omil kuzatilayotgan belgining o‘zgarishiga ta’sir ko‘rsatmasa, u holda **guruhlar ichidagi dispersiya** amalda **umumiy dispersiya** bilan deyarli bir xil bo‘ladi. Bu umumiy dispersiya esa kuzatuv natijalarini **guruhlarga ajratmasdan**, ya’ni omil ta’sirini hisobga olmagan holda aniqlanadi.

Boshqacha aytganda, omil ta’siri mavjud bo‘lmaganda, guruhlar o‘rtasidagi o‘rtacha qiymatlar orasidagi farq faqat **tasodifiy omillar** natijasida yuzaga keladi.

Natijalarning **statistik ahamiyatliligini** baholashda esa, aniqlangan ikki dispersiya orasidagi farqning **tasodifiy yoki tasodifiy emasligi** maxsus

mezonlar yordamida tekshiriladi. Bu jarayonda **erkinlik darajalari** muhim ahamiyatga ega bo‘lib, ular kuzatuvlar soni va guruhlar soniga bog‘liq holda aniqlanadi. Aynan erkinlik darajalari asosida **F-Fisher mezoni** jadvalidan kritik qiymat olinadi va u amaliy hisoblangan F qiymati bilan taqqoslanadi. Shu taqqoslash orqali nol gipotezaning to‘g‘riligi yoki rad etilishi haqida xulosa chiqariladi.

Guruhlar orasidagi dispersiya uchun erkinlik darajasi: $f_1 = k-1$

- Gurhlar ichidagi dispersiya uchun erkinlik darajasi: $f_2 = n-k$.

Guruhlar ichidagi dispersiyaning umumiy dispersiyadan farqlanishi chek qiymati *Fisherning F-taqsimoti jadvallari* (ilova 5) orqali belgilanadi. Jadvaldagi qiymatlar 1 dan katta, shu bois *kritik hudud hamisha o‘ng tomonda* joylashadi. Eksperimentdagi F qiymatini hisoblashda katta dispersiyani kichik dispersiyaga bo‘lib, natijani 1 dan katta qiladilar.

Agar $F_T > F$ bo‘lsa, belgilangan ehtimol bilan omil va natijaviy belgilanuvchi o‘rtasida *munosabat mavjud* degan xulosaga kelinadi.

7.2-§. Bir omilli dispersiyali tahlil misoli

Ma’lumki, yangi turdagi avtomobil shinalarining turli ishlash sharoitlaridagi o‘rtacha uzoqligi bo‘yicha tanlov natijalari mavjud (4.1-jadval). Shuni aniqlash lozim: *ishlash sharoitlari va shinalar uzoqligi o‘rtasida bog‘liqlik mavjudmi* degan savolga 0,95 ehtimol bilan javob berish mumkinmi.

***Omil belgilanuvchi*:** ishlash sharoitlari;

***Natijaviy belgilanuvchi*:** shinalar uzoqligi.

7.1-jadval

Ishlash sharoitlari	Shinalar yurish uzoqligi, ming. km	f_j
Shahar sharoitlari	70,6; 71,9; 69,9; 58,9; 68,8; 72,2; 70,4; 69,2; 72,1; 58,8; 66,3	12
Shahar va qishloq sharoitlari	58,8; 59,0; 60,0; 62,1; 60,4; 58,3; 59,0; 61,7	9
Qishloq va dalasharoitlari	54,3; 58,9; 56,7; 55,1; 56,5	6

Har bir guruh uchun o‘rtacha uzoqlik hisoblanadi, ming km:

- Shahar sharoitlari:

$$\bar{x}_1 = \frac{\sum_{i=1}^{11} x_{i1}}{11} = 68{,}0;$$

- Aralash sharoitlar:

$$\bar{x}_2 = \frac{\sum_{i=1}^{8} x_{i2}}{8} = 60{,}0$$

- Qishloq sharoitlari:

$$\bar{x}_3 = \frac{\sum_{i=1}^{5} x_{i3}}{5} = 56{,}2$$

***Jami umumiy o‘rtacha*:**

$$\bar{x}_0 = \frac{\sum_{i=1}^{24} x_i}{24} = 62{,}9$$

Shinalarning turli ishlash sharoitlari uchun olingan o‘rtacha uzoqlik qiymatlari bir-biridan farq qiladi. Bu farqning *axamiyatli yoki shunchaki tasodifiyligini* aniqlash va uni turli ishlash sharoitlari sababligini o‘rganish uchun *dispersiyalar nisbati* (formula 4.6) hisoblanadi.

$$S_{\delta}^2 = \frac{(68{,}0-62{,}9)^2 \cdot 11 + (60{,}0-62{,}9)^2 \cdot 8 + (56{,}2-62{,}9)^2 \cdot 5}{3-1} = 288{,}92$$

guruh ichi dispersiyasi:

$$\overline{S}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{11}(x_{i1}-\overline{x}_1)^2 + \sum_{i=1}^{8}(x_{i2}-\overline{x}_2)^2 + \sum_{i=1}^{5}(x_{i3}-\overline{x}_3)^2}{24-3} = 12{,}5$$

Dispersiyalar nisbati:

$$F = \frac{288{,}92}{12.5} = 23{,}11.$$

Ehtimoliyat 0,95 va erkinlik darajalari:

$$f_1 = k-1 = 2, \qquad f_2 = n-k = 21$$

F-taqsimot jadvaliga ko‘ra (ilova 5): F_T=3,467 . F>F_T tengsizlikdan, *ishlash sharoitlari shinalar yurish uzoqligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi* deb xulosa qilinadi.

Takrorlash uchun savollar:

1. Dispersiyali tahlilda hal qilinadigan vazifalar.
2. Gurhlar orasi va ichidagi dispersiyalarning xossalari.
3. Gurhlar o‘rtacha qiymatlarining umumiy o‘rtacha atrofidagi variatsiyasi nimadan kelib chiqadi?
4. Dispersiyali tahlilda nol gipoteza sifatida qanday parametrlik gipoteza qabul qilinadi? Bu gipotezani tekshirish tartibi.
5. Dispersiyalar nisbati nima?
6. Dispersiyali tahlilda gipotezani tekshirish uchun qanday ehtimollik taqsimoti qo‘llaniladi? Uning raqamli xossalari qanday?

VIII BOB. KORRELYATSIYA VA REGRESSIYA TAHLILI

8.1-§. Statistik va korrelyatsion bog‘liqlik tushunchasi

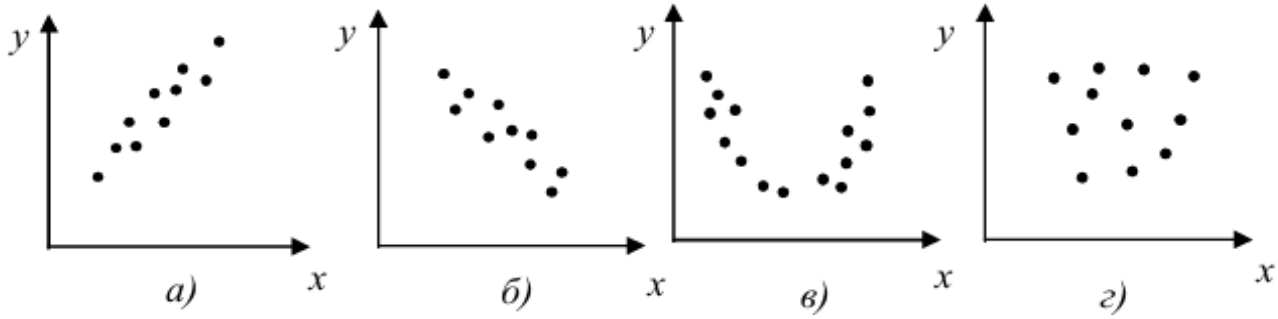
Ilmiy tadqiqot metodologiyasining ajralmas tarkibiy qismi — bu **fizik kattaliklar orasidagi o‘zaro bog‘liqliklarni aniqlash**, ularni **matematik ifodalash** va **aniq o‘lchash usullarini ishlab chiqish**dan iboratdir. Chunki har qanday fizik jarayon yoki hodisaning mohiyatini to‘liq tushunish uchun uning parametrlar o‘rtasidagi qonuniyatlarni aniqlash zarur.

Bog‘liqliklar odatda ikki asosiy turga ajratiladi: **funksional** va **statistik bog‘liqliklar**.

- **Funksional bog‘liqlik** shunday holatki, unda biror o‘zgaruvchi kattalikning qiymati o‘zgarganda, ikkinchi o‘zgaruvchi qat’iy belgilangan qonun asosida o‘zgaradi. Ya’ni, birinchi o‘zgaruvchining har bir qiymatiga ikkinchi o‘zgaruvchining aniq bitta yoki bir nechta qiymati mos keladi. Bunday munosabatni matematik tenglama yoki funksiya yordamida ifodalash mumkin (masalan, (y = f(x))).
- **Statistik bog‘liqlik** esa, o‘zgaruvchilar orasidagi munosabat qat’iy emas, balki ehtimoliy xarakterga ega bo‘lgan holatni bildiradi. Ya’ni, bir o‘zgaruvchining qiymati o‘zgarganda, ikkinchi o‘zgaruvchi aniq belgilangan emas, balki ma’lum oraliqda istalgan qiymatni olishi mumkin. Biroq, ularning **o‘rtacha qiymatlari** yoki **statistik ko‘rsatkichlari** ma’lum qonuniyat asosida o‘zgaradi. Masalan, fizik tajribada harorat oshganda gaz bosimining o‘rtacha qiymati ma’lum qonun bo‘yicha o‘sadi, lekin har bir o‘lchovda kichik tasodifiy farqlar bo‘lishi mumkin.

Demak, funksional bog‘liqlik qat’iy matematik munosabat bilan belgilanadi, statistik bog‘liqlik esa real o‘lchashlarda uchraydigan tasodifiy og‘ishlarni ham inobatga oladi. Shu sababli, statistik bog‘liqliklarni tahlil qilishda **ehtimollar nazariyasi** va **matematik statistika** usullari qo‘llaniladi.

Korrelyatsion bog‘liqlik – statistik bog‘liqlikning maxsus holati bo‘lib, bir o‘zgaruvchining turli qiymatlariga ikkinchi o‘zgaruvchining turli o‘rtacha qiymatlari to‘g‘ri keladi. Priznak x qiymati o‘zgarganda, y priznagi o‘rtacha qiymati ham belgilangan tarzda o‘zgaradi; biroq har bir alohida holatda y qiymati (turli ehtimollar bilan) bir nechta qiymatlarni olishi mumkin.



8.1-rasm. Korrelyatsion bog‘liqliklar

Korrelyatsion bog‘liqlik — bu ikki yoki undan ortiq o‘zgaruvchilar orasidagi o‘zaro munosabatni ifodalovchi statistik hodisadir. U o‘zgaruvchilarning o‘zaro qanday darajada va qaysi yo‘nalishda bog‘langanligini aniqlash imkonini beradi. Bunday bog‘liqlik bevosita sabab-oqibat munosabatini bildirmaydi, balki ular orasidagi **birgalikdagi o‘zgarish** tendensiyasini ko‘rsatadi.

Korrelyatsion bog‘liqlik turli sabablarga ko‘ra yuzaga kelishi mumkin:

1. **Faktor va natija orasidagi bevosita bog‘liqlik.** Bu holatda natija belgisi (masalan, o‘lchangan parametr yoki tajriba natijasi) to‘g‘ridan-to‘g‘ri faktor belgining (mustaqil o‘zgaruvchining) o‘zgarishiga bog‘liq bo‘ladi. Masalan, harorat oshishi bilan gaz bosimining ortishi yoki havo tezligi ortganda trixogramma zarrachalarining uchish masofasining o‘zgarishi kabi.
2. **Umumiy sababning ikki oqibati orasidagi bog‘liqlik.** Ba’zan ikkita o‘zgaruvchi o‘zaro bevosita ta’sir qilmaydi, lekin ular bitta umumiy omilning natijasi bo‘lishi mumkin. Masalan, quyosh nurlanishining ortishi natijasida ham havo harorati, ham bug‘lanish tezligi oshadi — bu holda harorat va bug‘lanish orasida korrelyatsiya mavjud, ammo ularning o‘zaro bevosita sabablilik aloqasi yo‘q.
3. **O‘zaro ta’sirli (ikki tomonlama) bog‘liqlik.** Ba’zi hollarda har ikkala belgining o‘zgarishi bir-biriga sabab bo‘ladi, ya’ni ular o‘zaro ta’sirlanadi. Masalan, biologik jarayonlarda ozuqa miqdori oshsa, organizm o‘sishi tezlashadi, lekin o‘sish jarayoni ham ozuqa iste’molini kuchaytiradi.

Shunday qilib, korrelyatsion bog‘liqlik faqat o‘zgaruvchilar orasidagi **statistik munosabat**ni ko‘rsatadi, lekin sabab-oqibatni aniq aniqlamaydi. Shu sababli, korrelyatsiyani tahlil qilishda har doim **nazariy asos** va **tajriba sharoitlari**ni hisobga olish muhimdir.

Korrelyatsion bog‘liqlik turi bo‘yicha to‘g‘ri chiziqli va qisman qisiq chiziqli bo‘lishi mumkin. To‘g‘ri chiziqli korrelyatsiya deb, bir o‘zgaruvchining bir xil o‘zgarishiga ikkinchi o‘zgaruvchining ham bir xil o‘zgarishi to‘g‘ri keladigan bog‘liqlik hisoblanadi (8.1,a,b-rasm).

Qisqichasiga qisiq chiziqli korrelyatsiyada bir o‘zgaruvchining bir xil o‘zgarishiga ikkinchi o‘zgaruvchining turli o‘zgarishi to‘g‘ri kelishi mumkin (8.1, v-rasm). 8.1, g-rasmda esa o‘zgaruvchilar orasida bog‘liqlik yo‘qligi (korrelyatsiya yo‘q) holati ko‘rsatilgan.

8.2-§. Korrelyatsiya-regressiya tahlilini qo‘llash sharoitlari va vazifalari

Korrelyatsion bog‘liqlik statistik hisoblanadi, uni o‘rganish imkoniyati uchun birinchi shart har qanday statistik tadqiqotdagi umumiy shartdir: ya’ni katta ko‘lamli holatlar bo‘yicha ma’lumotlarning mavjudligi. Korrelyatsion bog‘liqlik tahlilida ishonchli va statistik jihatdan ahamiyatli natijalarga erishish uchun **kuzatuvlar soni** muhim rol o‘ynaydi. Kuzatuvlar soni (n) tahlilning maqsadi, talab etilayotgan **aniqlik darajasi**, **ishonchlilik darajasi** (P), hamda o‘rganilayotgan **faktorlar soni** (m) bilan bevosita bog‘liq bo‘ladi.

Amaliy jihatdan, korrelyatsion tahlilda kuzatuvlar soni qancha ko‘p bo‘lsa, hisoblangan korrelyatsiya koeffitsientining ishonchliligi shuncha yuqori bo‘ladi. Chunki katta hajmdagi tanlama tasodifiy xatoliklarning ta’sirini kamaytiradi va o‘zgaruvchilar orasidagi haqiqiy bog‘liqlikni aniqroq ifodalaydi.

Shuning uchun, odatda quyidagi tavsiyalar qabul qilingan:

- Agar tahlil **bitta faktor** bo‘yicha olib borilsa, kuzatuvlar soni kamida **30–50 ta** bo‘lishi tavsiya etiladi.
- Agar **bir nechta omillar** (faktorlar) ishtirok etsa, kuzatuvlar soni har bir faktor uchun **kamida 5–6 baravar**, yaxshisi esa **10 baravar** ko‘p

bo‘lishi kerak. Masalan, agar tahlilda 4 ta faktor ishtirok etsa, u holda optimal kuzatuvlar soni **n ≥ 40** bo‘lishi lozim.

Bu nisbat (n ≥ 5–10·m) tajriba natijalarini **barqaror**, **ishonchli** va **statistik jihatdan asosli** tarzda tahlil qilish imkonini beradi. Kam sonli kuzatuvlar esa korrelyatsiya koeffitsientining tasodifiy tebranishlarini kuchaytiradi va bog‘liqlik darajasini noto‘g‘ri talqin qilish xavfini oshiradi.

Demak, korrelyatsion tahlilning sifatli natijalarini olish uchun kuzatuvlar soni **faktorlar soniga mutanosib** tarzda yetarli darajada katta bo‘lishi shart.

Ikkinchi shart – korrelyatsion bog‘liqlikning qonuniy namoyon bo‘lishi, ya’ni o‘rtacha qiymatda qonuniylikni ishonchli ifoda etish imkoniyati. Bu uchun sovokuplikda katta sonda elementlar bo‘lishi va ularning sifatli va bir xil bo‘lishi zarur. Bayzi hollarda korrelyatsion tahlil sharti sifatida natija va faktor belgisi bo‘yicha to‘planish normal taqsimotga ega bo‘lishi talab qilinadi. Bu shart korrelyatsiya parametrlarini hisoblashda eng kichik kvadratlar usulini qo‘llash bilan bog‘liq: faqat normal taqsimotda eng kichik kvadratlar usuli parametrlarni maksimal ehtimol prinsipiga muvofiq baholaydi.

Korrelyatsiya-regressiya tahlili — bu statistik tahlil usuli bo‘lib, u **natija belgisi (yoki javob o‘zgaruvchisi)** bilan **bir yoki bir nechta faktor belgilar (mustaqil o‘zgaruvchilar)** orasidagi o‘zaro bog‘liqlikni chuqur o‘rganishga imkon beradi. Ushbu tahlil nafaqat bog‘liqlikning mavjudligini, balki uning **yo‘nalishi**, **kuchi** va **ko‘lamini** ham aniqlaydi.

Korrelyatsiya-regressiya tahlilining afzalligi shundaki, u faktorlarning nafaqat to‘g‘ridan-to‘g‘ri, balki bilvosita ta’sirlarini ham hisobga oladi. Bunda:

- **To‘g‘ridan-to‘g‘ri ta’sir** – bu faktorning natija belgisiga bevosita ta’sir etishi, ya’ni o‘zgaruvchining qiymatidagi o‘zgarish natijaviy ko‘rsatkichga to‘g‘ridan-to‘g‘ri ta’sir qiladi.
- **Bilvosita ta’sir** – bu faktorning boshqa faktorlar orqali natija belgisiga ta’sir etishi. Masalan, bir faktor ikkinchisini o‘zgartiradi, u esa o‘z navbatida natija belgisi qiymatiga ta’sir qiladi.
- **Umumiy ta’sir** esa — barcha faktorlarning natija belgisiga birgalikdagi va o‘zaro ta’sirlarini ifodalaydi.

Korrelyatsion bog‘liqlikni o‘rganishdan ko‘zlangan asosiy maqsad ikki yo‘nalishda namoyon bo‘ladi:

1. **Bog‘liqlik darajasini aniqlash** — ya’ni ikki yoki undan ortiq o‘zgaruvchi orasida qanday kuchli yoki zaif munosabat mavjudligini baholash. Bunda korrelyatsiya koeffitsienti yordamida bog‘liqlikning yo‘nalishi (musbat yoki manfiy) va darajasi (zaif, o‘rta, kuchli) aniqlanadi.
2. **Bog‘liqlikni matematik ifodalash** — ya’ni natija belgisi va faktorlar orasidagi munosabatni matematik model (regressiya tenglamasi) orqali ifodalash. Bunda regressiya tenglamasi yordamida natija belgining o‘rtacha qiymati bir yoki bir nechta faktorlarning qiymatlariga bog‘liq holda aniqlanadi.

Shunday qilib, korrelyatsiya-regressiya tahlili o‘zgaruvchilar orasidagi bog‘liqliklarni **miqdoriy**, **analitik** va **bashoratli** tarzda ifodalash imkonini beradi, bu esa ilmiy tadqiqot va amaliy tahlilda muhim ahamiyat kasb etadi.

Bog‘liqlik tenglamasi parametrlarini aniqlashning asosiy usuli – Gauss tomonidan ishlab chiqilgan eng kichik kvadratlar usuli (YeKK). Bu usulda aniqlangan y qiymatlari bilan faktorlar x bo‘yicha bog‘liqlik tenglamasi

orqali hisoblangan qiymatlar orasidagi kvadratlar yig‘indisini minimallashtirish ko‘zda tutilgan. Korrelyatsiya-regressiya tahlili faktor belgilari kompleksining ta’sirini ajratishga va o‘zaro bog‘liqliklarning turli jihatlarini tahlil qilishga imkon beradi.

8.3-§. Juft chiziqli korrelyatsiya

Eng sodda va eng ko‘p qo‘llaniladigan korrelyatsion bog‘liqlik turi bu **ikki o‘zgaruvchi orasidagi chiziqli bog‘liqlik**, ya’ni **juft chiziqli korrelyatsiya** (yoki *bir omilli regressiya*) hisoblanadi. Ushbu holatda natija belgisi (yoki javob o‘zgaruvchisi) faqat bitta asosiy omil – mustaqil o‘zgaruvchi bilan bog‘liq bo‘ladi.

Bunday tahlilning amaliy ahamiyati shundaki, natija belgisiga ta’sir etuvchi ko‘plab omillar ichidan **asosiy, hal qiluvchi faktor** ajratib olinadi. Shu asosiy faktor natijaning o‘zgarish tendensiyasini belgilovchi omil sifatida qaraladi. Ya’ni, korrelyatsion tahlil orqali omillar tizimida **eng muhim bog‘liqlikni ajratish** va uni **matematik model** ko‘rinishida ifodalash imkoniyati yaratiladi.

Natijada, juft chiziqli korrelyatsiya yordamida:

- faktor va natija orasidagi **bog‘liqlik yo‘nalishi** (musbat yoki manfiy) aniqlanadi;
- bog‘liqlikning **darajasi** (ya’ni korrelyatsiya kuchi) baholanadi;
- tanlangan asosiy faktor asosida **natijaning bashorat qiymati** aniqlanishi mumkin.

Shu sababli, juft chiziqli korrelyatsiya statistik tahlilning **asosiy boshlang‘ich bosqichi** bo‘lib, keyinchalik ko‘p omilli (ko‘p faktorli) regressiya modellarini qurish uchun poydevor vazifasini bajaradi.

Juft korrelyatsiyalarni o‘lchash murakkab ko‘pfaktorli bog‘liqliklarni o‘rganishda zaruriy qadam hisoblanadi. Liney bog‘liqliklarni ko‘rib chiqish o‘zgaruvchilarning cheklangan variatsiyasi va ko‘p hollarda noto‘g‘ri chiziqli bog‘liqlik formalari hisob-kitoblarda liney shaklga o‘tkazilishi bilan izohlanadi. Bog‘liqlik yo‘nalishi bo‘yicha bog‘liqliklar to‘g‘ridan-to‘g‘ri va aks bog‘liqliklar bo‘lishi mumkin. To‘g‘ridan-to‘g‘ri bog‘liqliklarda *x* belgisi o‘sganda *y* belgisi ham o‘sadi, aks bog‘liqlikda esa *x* belgisi o‘sganda *y* belgisi kamayadi. Juft korrelyatsiyani o‘rganish ikki fizik qiymatlarni birgalikda o‘lchash orqali amalga oshiriladi.

Juft chiziqli korrelyatsion bog‘liqlik tenglamasi juft regressiya tenglami deb ataladi va quyidagi ko‘rinishga ega:

$$\tilde{y} = a + bx, \tag{8.1}$$

bu yerda $\bar{\tilde{u}}$ – belgilangan faktor belgisi *x* qiymatida natija belgisi *y* ning o‘rtacha qiymati; *a* – tenglamani erkin a’zosi; *b* – regressiya koeffitsienti, natija belgisi y ning o‘rtacha qiymatidan og‘ishini faktor belgisi *x* ning o‘rtacha qiymatidan og‘ishiga nisbatan birlikda o‘lchaydi (ya’ni y ning birlik variatsiyasiga to‘g‘ri keladigan *x* variatsiyasi).

Juft chiziqli korrelyatsion bog‘liqlikning qattiqligini ko‘rsatuvchi ko‘rsatkich – bu korrelyatsiya koeffitsienti r_{xy}. Bu ko‘rsatkich regressiyaning standartizatsiya qilingan koeffitsienti bo‘lib, ya’ni absolyut

o‘lchov birliklarida emas, balki natija priznakining standart cheklov birliklarida ifodalangan koeffitsientdir:

$$r_{xy} = b\frac{\sigma_x}{\sigma_y}. \tag{8.2}$$

Korrelyatsiya koeffitsientini talqin qilish shunday: ommaviylikda faktor priznakidan o‘rtacha qiymatdan standart cheklovgacha bo‘lgan og‘ish natija priznakidan uning o‘rtacha qiymatidan r_{xy} standart cheklov miqdorida og‘ishga olib keladi. Regressiya koeffitsienti *b* dan farqli ravishda, korrelyatsiya koeffitsienti qabul qilingan o‘lchov birliklaridan mustaqil va har qanday priznaqlar uchun solishtirilishi mumkin.

8.4-§. Korrelyatsion bog‘liqlikni statistik o‘rganish

Statistik tadqiqotning maqsadi – natija priznakidan faktor priznakiga bog‘liqlik modelini olish va uni amaliy qo‘llanishi uchun tayyorlash. Bu vazifani quyidagicha hal qilish mumkin.

8.4.1. Boshlang‘ich ma’lumotlarni to‘plash, uning oddiyligi va normal taqsimlanishini tekshirish

Natija ko‘rsatkichi *y* va uning o‘zgarishiga ta’sir etuvchi faktor *x* belgilanadi.

Yig‘indining oddiyligini baholash uchun faktor priznaki bo‘yicha variatsiya koeffitsienti qo‘llaniladi:

$$V = \frac{S_x}{\bar{x}} \cdot 100\%, \tag{8.3}$$

bu yerda $\bar{x}$, S – tanlov o‘rtacha qiymati va faktor priznakining SKO bahosi bo‘lib, ularni tanlov hajmiga qarab formulalar (6.15), (6.21), (6.24), (6.25) orqali hisoblash mumkin.

Yig‘indi oddiy deb hisoblanadi, agar variatsiya koeffitsienti V 33% dan katta bo‘lmasa. Tadqiq etilayotgan faktor belgilarining normal taqsimlanishini tekshirish 8.1-§ da keltirilgan metodga muvofiq amalga oshiriladi. Tekshirish jarayonini soddalashtirish uchun 8.1-jadvaldan foydalanish mumkin.

8.1-jadval

Faktor belgilari normalligini tekshirish

Faktor qiymatlari intervallari	Normal taqsimlanishda interval birliklar ulushi, %
$(\bar{x}-S_x)\ldots(\bar{x}+S_x)$	68,4
$(\bar{x}-2Sx)\ldots(\bar{x}+2Sx)$	95,5
$(\bar{x}-3Sx)\ldots(\bar{x}+3Sx)$	99,8

Amaliyotda faktorlarning taqsimlanish qonunining normaldan chetlashishi uchrab turadi, lekin bu korrelyatsion tahlildan voz kechishni anglatmaydi.

8.4.2. Boshlang‘ich ma’lumotlar massividan xato qiymatlarni chiqarish

Xato qiymatlar 8.3-bobda keltirilgan metodikaga muvofiq aniqlanib, chiqariladi. Tahlilni soddalashtirish uchun *“uch sigma” kriteriyasi* qo‘llaniladi:

- Faktor *x* qiymatlari 8.1-jadvalning oxirgi satriga tushmagan bo‘lsa, ular xato qiymatlar hisoblanadi va tanlovdan chiqariladi.
- Keyingi tahlil uchun yangi massiv shakllantiriladi.

8.4.3. Natija va faktor belgilari o‘rtasida korrelyatsion bog‘liqlikni aniqlash va uning yo‘nalishini belgilash

Korrelyatsion bog‘liqlik mavjudligini aniqlash jarayoni — statistik tahlilning muhim bosqichlaridan biri bo‘lib, u o‘zgaruvchilar orasidagi o‘zaro aloqaning mavjud yoki mavjud emasligini, shuningdek, uning yo‘nalishi va kuchini aniqlash imkonini beradi. Bu jarayonda turli usullar qo‘llaniladi, ular orasida quyidagilar eng ko‘p ishlatiladi:

• **Natija va faktor belgilari qatorlarini parallel solishtirish.** Ushbu usulda har bir kuzatuvdagi natija va unga mos faktor qiymatlari bir-biriga qiyoslanadi. Agar faktor o‘zgarishiga mos ravishda natija belgisi ham muayyan qonuniyat asosida o‘zgarayotgan bo‘lsa, ular orasida bog‘liqlik mavjudligi taxmin qilinadi.

• **Haqiqiy ma’lumotlarni korrelyatsiya maydoni (diagrammasi) orqali grafik ko‘rinishda tasvirlash.** Bunda olingan kuzatuv juftliklari (*x, y*) koordinata o‘qiga joylashtiriladi. Agar nuqtalar ma’lum yo‘nalish bo‘ylab joylashsa (masalan, to‘g‘ri chiziq yoki egri chiziq shaklida), demak, o‘zgaruvchilar orasida korrelyatsion bog‘liqlik mavjud. Bu usul bog‘liqlikning vizual tahlilini osonlashtiradi.

• **Korrelyatsion jadval tuzish.** Bu usulda kuzatuv natijalari guruhlarga ajratilib, har bir guruh bo‘yicha o‘rtacha qiymatlar aniqlanadi. So‘ngra

ushbu o‘rtacha qiymatlar asosida korrelyatsiya darajasi baholanadi. Jadval orqali bog‘liqlik yo‘nalishi (musbat yoki manfiy) va kuchi aniqlanadi.

Eng asosiy va keng qo‘llaniladigan usul — **analitik guruhlash usuli** hamda **guruh o‘rtacha qiymatlarni aniqlash usuli** hisoblanadi. Analitik guruhlash yordamida natija belgisi qiymatlari faktor belgisi o‘zgarishiga qarab qanday o‘zgarishini tizimli tarzda ko‘rish mumkin. Bu usul korrelyatsion bog‘liqlikning shakli va intensivligini aniqlashda, shuningdek, regressiya tenglamasini tuzish uchun boshlang‘ich ma’lumotlarni tayyorlashda muhim ahamiyatga ega.

Bu usulda barcha birliklar faktor belgilari bo‘yicha guruhlarga ajratiladi;

- Har bir guruh uchun natija belgilarining o‘rtacha qiymati aniqlanadi;
- Analitik guruhlash ma’lumotlari asosida empirik bog‘liqlik liniyasining (regressiya liniyasining) grafigi tuziladi.

Empirik bog‘liqlik liniyasi ko‘rinishiga qarab:

- Agar u to‘g‘ri chiziqqa yaqin bo‘lsa – to‘g‘ri chiziqli korrelyatsion bog‘liqlik mavjud deb hisoblanadi;
- Agar u qandaydir qiyshiqga yaqinlashsa – qiyshiqli korrelyatsion bog‘liqlik mavjudligi taxmin qilinadi.

8.4.4. Bog‘liqlikning jamlanmalik darajasini o‘lchash va uning ahamiyatini baholash

Juft chiziqli bog‘liqlikning **jamlanmalik darajasini** aniqlash uchun **chiziqli korrelyatsiya koeffitsienti** r dan foydalaniladi. Bu koeffitsient ikki o‘zgaruvchi o‘rtasidagi chiziqli munosabatning kuchi va yo‘nalishini aniqlaydi. Uning qiymati $-1 < r < +1$ oraliqda bo‘lib, $r > 0$ bo‘lsa —

musbat bog‘liqlik, $r < 0$ bo‘lsa — manfiy bog‘liqlik mavjudligini bildiradi. $|r|$ qiymati 1 ga yaqinlashgan sari bog‘liqlik kuchli, 0 ga yaqinlashgan sari esa bog‘liqlik sust yoki mavjud emas, deb baholanadi. Shunday qilib, r korrelyatsiya tahlilida eng muhim o‘lchovlardan biridir, u natija belgisi Y ning faktor belgisi X ga nisbatan qanday yo‘nalishda va qanchalik mustahkam bog‘langanini ko‘rsatadi.

Ammo amaliyotda hamma bog‘liqliklar ham chiziqli bo‘lavermaydi. Ba’zan o‘zgaruvchilar o‘rtasidagi munosabat **egri chiziqli** yoki **murakkab nolinear shaklda** bo‘lishi mumkin. Bunday hollarda chiziqli korrelyatsiya koeffitsienti r to‘liq tasavvur bera olmaydi. Shu sababli, har qanday turdagi (chiziqli yoki egri chiziqli) bog‘liqlikning umumiy darajasini aniqlash uchun **empirik korrelyatsion nisbat** — η ishlatiladi.

Empirik korrelyatsion nisbat η natija belgisi variatsiyasining qanchalik qismi faktor belgisi bilan tushuntirilishini ko‘rsatadi. η qiymati ham 0 dan 1 gacha oraliqda o‘zgaradi:

- $\eta = 0$ bo‘lsa, o‘zgaruvchilar orasida bog‘liqlik yo‘q;
- $\eta = 1$ bo‘lsa, natija belgisi to‘liq tarzda faktor bilan aniqlanadi.

Demak, r — **faqat chiziqli bog‘liqlikni** baholovchi ko‘rsatkich bo‘lsa, η — **har qanday turdagi (chiziqli yoki nolinear) bog‘liqlikni** umumiy tarzda ifodalaydigan ko‘rsatkichdir. Shu sababli, korrelyatsion tahlilda ikkala ko‘rsatkichni birgalikda qo‘llash o‘zgaruvchilar o‘rtasidagi munosabatni yanada to‘liq va ishonchli baholash imkonini beradi.

Chiziqli korrelyatsiya koeffitsienti guruhlanmagan ma’lumotlar bo‘yicha quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$r = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \sum y}{n}}{\sqrt{\left(\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}\right) \cdot \left(\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}\right)}}. \quad (8.4)$$

Chiziqli korrelyatsiya koeffitsienti −1 dan +1 gacha qiymat olishi mumkin. Qiymatning absolyut qiymati 1 ga yaqinlashsa, bog‘liqlik shunchalik qavatli hisoblanadi

Agar r = 0 bo‘lsa – bog‘liqlik yo‘q, agar r = 1 bo‘lsa – bog‘liqlik funksional hisoblanadi.

Chiziqli korrelyatsiya koeffitsienti ahamiyatini baholash. T-statistika Styudent kriteriyasi orqali baholanadi:

$$t = \frac{|r|}{S_r}, \quad (8.5)$$

bu yerda S_r – korrelyatsiya koeffitsientining o‘rta kvadratik xatosi.

Katta tanlov hajmida (n>50):

$$S_r = \frac{1 - r^2}{\sqrt{n-1}}. \quad (8.6)$$

Kichik tanlov hajmida:

$$S_r = \frac{\sqrt{1 - r^2}}{\sqrt{n-2}}. \quad (8.7)$$

Tanlangan ahamiyat darajasi va erkinlik darajasiga ko‘ra kritik t_T qiymati Styudent jadvalidan olinadi. Agar $t > t_T$ bo‘lsa, korrelyatsiya koeffitsienti ahamiyatli hisoblanadi.

Korrelyatsion nisbat η quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$\eta = \sqrt{\frac{S_{\delta y}^2}{S_y^2}}, \tag{8.8}$$

bu yerda $S_{\delta u}^2$ – natija belgisining faktor belgisi ta’siri bilan bog‘liq bo‘lgan guruhlararo dispersiyasi; S_y^2 – natija priznaqining umumiy dispersiyasi.

Guruhlararo va umumiy dispersiyalar hisoblanishi:

$$S_{\delta y}^2 = \frac{\sum(\bar{y}_j - \bar{y}_0)^2 f_j}{\sum f_j}; \tag{8.9}$$

$$S_y^2 = \frac{\sum(y_i - \bar{y}_0)^2}{n}, \tag{8.10}$$

bu yerda y_j – faktor belgisi qiymati bo‘yicha ajratilgan guruhlarda natija belgisining o‘rtacha qiymati; $\bar{y}$ – butun to‘plam uchun umumiy o‘rtacha qiymat; f_j – guruhlardagi birliklar soni.

Korrelyatsion nisbatni hisoblash uchun ma’lumotlar katta hajmda bo‘lishi va guruhlanishi talab etiladi (guruhli jadval yoki korrelyatsion jadval ko‘rinishida).

8.4.5. Bog‘liqlik modelini tuzish

Model turi, odatda, **nazariy tahlil** va **empirik kuzatuv natijalari** o‘rtasidagi moslikni o‘rganish asosida tanlanadi. Bunda asosiy maqsad — natija belgisi (Y) bilan faktor belgisi (X) orasidagi bog‘liqlikni eng aniq aks ettiruvchi **empirik regressiya tenglamasini** aniqlashdir. Regressiya tenglamasi ma’lumotlar asosida qurilgan bo‘lib, u kuzatilgan o‘zgaruvchilar o‘rtasidagi amaliy (tajribaviy) munosabatni matematik shaklda ifodalaydi.

Modelni tanlashda, avvalo, nazariy jihatdan kutilgan bog‘liqlik shakli (chiziqli yoki egri chiziqli) hisobga olinadi, keyin esa empirik ma’lumotlar yordamida bu shaklning haqiqiy ma’lumotlarga qay darajada mos kelishi tahlil qilinadi.

Amaliy tadqiqotlarda eng ko‘p qo‘llaniladigan regressiya funksiyalari quyidagilardir:

1. **Chiziqli model:** Bu modelda natija belgisi faktor bilan to‘g‘ridan-to‘g‘ri proporsional o‘zgaradi.
2. **Kvadratik model:** Egri chiziqli bog‘liqlikni ifodalaydi va ekstremum (maksimum yoki minimum) nuqtaga ega bo‘ladi.
3. **Kubik model:** Murakkab shaklli o‘zgarishlarni, ayniqsa ikki yoki undan ortiq yo‘nalishda buriluvchi jarayonlarni ifodalaydi.
4. **Eksponensial model:** Ko‘payish yoki kamayish jarayonlarini (masalan, o‘sish, parchalanish, tezlashish) tavsiflaydi.
5. **Logarifmik model:** Boshlang‘ich bosqichda tez, keyinchalik sekin o‘zgaruvchi jarayonlarga mos keladi.
6. **Giperbolik model:** Teskari proporsional bog‘liqlikni ifodalaydi.

Shunday qilib, model turi tanlanayotganda nafaqat nazariy asos, balki **empirik ma’lumotlarning mosligi, aniqlik darajasi va korrelyatsiya koeffitsientining ahamiyati** ham hisobga olinadi. To‘g‘ri tanlangan regressiya modeli tahlil qilinayotgan jarayonning fizik mohiyatini aniqroq ifodalash imkonini beradi.

Chiziqli funksiyani qo‘llash imkoniyatini tekshirish uchun $|r^2-\eta^2|$ moduli aniqlanadi; agar u 0,1 dan kam bo‘lsa, chiziqli funksiyani qo‘llash mumkin deb hisoblanadi.

Chiziqli korrelyatsion bog‘liqlikning parametrlari *a* va *b* ni aniqlash uchun sistemasi (gurahlanmagan ma’lumotlar uchun) quyidagicha:

$$\begin{cases} \sum y = an + b\sum x; \\ \sum yx = a\sum x + b\sum x^2. \end{cases} \quad (8.11)$$

Parametrlar a va b quyidagi formulalar orqali aniqlanadi:

$$a = \bar{y} - b\bar{x};\ b = \frac{n\sum xy - \sum x\sum y}{n\sum x^2 - (\sum x)^2}. \quad (8.12)$$

Regressiya tenglamasining ishonchliligi. Regressiya tenglamasining ishonchliligini baholash uchun o‘rta kvadratik xatolarning (S_e) natija belgisining o‘rtacha qiymatiga nisbati qo‘llaniladi:

$$\frac{S_e}{\bar{y}} \cdot 100\%;\quad S_e = \sqrt{\frac{\sum (y - \tilde{y})^2}{n - g}}, \quad (8.13)$$

bu yerda y_i – natija priznaqning aniq qiymatlari; $\tilde{u}_i$ – regressiya tenglamasi bo‘yicha hisoblangan qiymatlar; g – regressiya tenglamasidagi parametrlar soni.

Agar bu nisbat 10–15% dan oshmasa, regressiya tenglamasi bog‘liqlikni yaxshi aks ettiradi, deb hisoblanadi.

*Natija priznaqi uchun ishonchli cheklar***.** Faktor priznaqning $\bar{x}_0$ qiymatida natija belgisining ishonchli cheklari quyidagicha aniqlanadi:

$$\tilde{y}_{x_0} - t_\alpha \frac{S_e}{\sqrt{n}} \sqrt{1 + \frac{(x_0 - \bar{x})^2}{S_x{}^2}} \le y \le \tilde{y}_{x_0} + t_\alpha \frac{S_e}{\sqrt{n}} \sqrt{1 + \frac{(x_0 - \bar{x})^2}{S_x{}^2}}, \quad (8.14)$$

bu yerda t_α – ahamiyat darajasiga muvofiq Styudent taqsimoti bo‘yicha olinadi, erkinlik darajasi $f_1 = n - 1$.

8.4.6. Korrelyatsionno-regressiya tahlili qo‘llanilishi misoli

8.2-jadvalda **ishlab chiqarish liniyalarining avtomatlashtirish darajasi** bilan **chiqarilgan mahsulot hajmi** o‘rtasidagi bog‘liqlikni o‘rganish uchun o‘tkazilgan tadqiqot natijalari keltirilgan. Mazkur ma’lumotlar asosida ishlab chiqarish samaradorligining avtomatlashtirish darajasiga qanchalik bog‘liqligi tahlil qilinadi.

Bu tahlil jarayonida asosiy o‘zgaruvchilar quyidagicha aniqlanadi:

- **Natija belgisi (Y):** ishlab chiqarilgan mahsulot hajmi (miqdoriy ko‘rsatkich);
- **Faktor belgisi (X):** ishlab chiqarish liniyasining avtomatlashtirish darajasi (foiz yoki shartli birliklarda ifodalanadi).

Tahlilning dastlabki bosqichida, ma’lumotlarning ishonchliligini tekshirish zarur. Buning uchun, avvalo, **faktor belgisi** bo‘yicha jamlanmaning bir jinsliligi (oddiyligi) baholanadi. Ushbu baholash **variatsiya koeffitsienti (V)** orqali amalga oshiriladi:

$$V = \frac{S}{\bar{X}} \ 100\%,$$

bu yerda: S — tanlama dispersiyaning kvadrat ildizi (ya’ni standart og‘ish), X — faktor belgining o‘rtacha qiymati.

Agar (V < 33%) bo‘lsa, tanlama **bir jinsli** deb hisoblanadi va tahlilni davom ettirish mumkin; aks holda, ma’lumotlar orasida katta tafovutlar mavjud deb baholanadi va ularni qayta ko‘rib chiqish yoki guruhlash talab qilinadi.

Shundan so‘ng, aniqlangan ma’lumotlar asosida **regressiya tenglamasi** tuziladi va mahsulot hajmi bilan avtomatlashtirish darajasi orasidagi **korrelyatsion bog‘liqlik darajasi** aniqlanadi. Bu bosqich ishlab chiqarish

samaradorligini oshirish uchun avtomatlashtirish darajasining ta’sirini miqdoriy baholash imkonini beradi.

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = 73{,}5\ \%; \qquad S_x = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n}} = 4{,}1\ \%; \qquad V = \frac{4{,}1}{73{,}5} \cdot 100 = 5{,}4\ \%.$$

V<33 % teng, demak, jamlanma oddiy hisoblanishi mumkin.

Normallikni tekshirish. “Uchinchi sigma” qoidasi orqali tekshirish (5.3-jadval) natijasiga ko‘ra, faktor qiymatlari normal taqsimot qoidasiga bo‘ysinadi, ya’ni jadvaldagi intervallarda yetib boradi. Barcha faktor qiymatlari “uch sigma” intervalga kiradi, shuning uchun boshlang‘ich ma’lumotda katta xatolar yo‘q.

Jadval 8.2

Tahlil uchun ma’lumotlar

Liniya raqami	**Avtomatlashtirish darajasi, %**	**Ishlab chiqarish hajmi, mln so‘m**	**Liniya raqami**	**Avtomatlashtirish darajasi, %**	**Ishlab chiqarish hajmi, mln so‘m**
1	77,9	18,6	11	69,7	17,6
2	69,1	18,3	12	79,3	21,9
3	76,6	20,5	13	70,9	16,6
4	80,8	21,9	14	72,4	16,6
5	72,1	16,9	15	79,3	21,1
6	77,2	20,9	16	73,6	18,1
7	64,1	14,3	17	71,0	16,1
8	72,1	17,1	18	69,8	17,1
9	75,8	18,5	19	70,6	17,6
10	73,3	19,6	20	75,1	20,8

Bog‘liqlikni aniqlash. (x, y) bog‘liqlikni aniqlash uchun faktor priznag‘i bo‘yicha analitik guruhlash amalga oshiriladi. Guruhlash teng intervallar va *m* = 5 guruhga bo‘lingan. Interval qiymati:

$$\Delta x = x_{max} - x_{min} = 77,6 - 64,05 = 2,72\%.$$

Jadval 8.3

Belgi–faktorning normallikka tekshirilishi

Faktor qiymatlari intervallari	**Intervalga kiruvchi birliklar soni**	**Intervalga kiruvchi birliklarning umumiy soniga nisbatan ulushi, %**	**Normal taqsimotda intervalga kiruvchi birliklar ulushi, %**
69,3– 77,5	15	70,1	68,4
65,2 – 81,6	18	95,1	95,5
61,1 – 85,8	20	100,0	99,8

Faktor belgisining barcha qiymatlari «uch sigma» intervaliga tushadi: ***8,85 ≤ x_i ≤ 2,61***, shuning uchun dastlabki ma’lumotlarda qo‘pol xatolar (pomaxlar) yo‘q. Aloqa mavjudligini aniqlash uchun (xy) *faktor belgisi bo‘yicha tahliliy guruhlash* amalga oshiriladi. Guruhlash *teng intervallarda* va *guruhlar soni m = 5* holatda bajariladi. Interval qiymati quyidagicha hisoblanadi:

$$i = \frac{x_{max} - x_{min}}{m} = \frac{80,7 - 64,0}{5} = 3,4\ \%.$$

Guruhlar va 8.4 va 8.5-jadvallardagi hisob-kitoblar orqali ma’lumotlar to‘planadi. Ma’lumotlardan ko‘rinib turibdiki, avtomatlashtirish darajasi oshgan sari mahsulot hajmi ham ortmoqda. 8.2-rasmdagi grafik empirik bog‘liqlik liniyasining chiziqqa yaqinligi to‘g‘richiziqli korrelyatsiyaning borligini ko‘rsatadi.

8.4-jadval

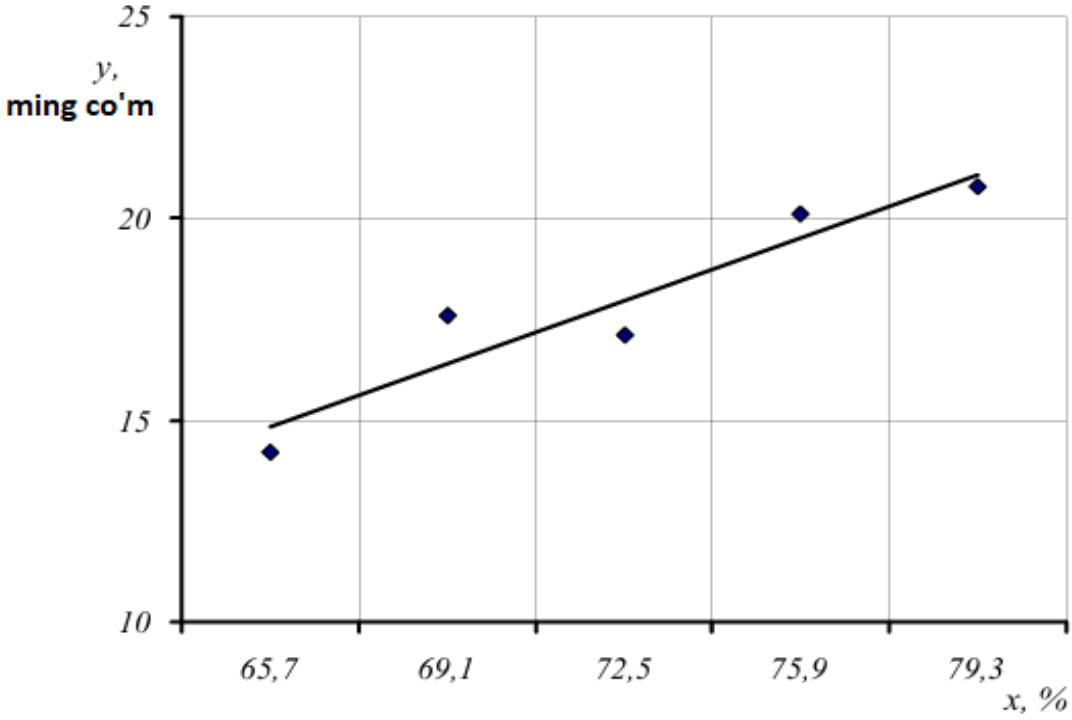
Guruhli jadvalni to‘ldirish uchun yordamchi jadval

x, % (avtomatlashtirish darajasi)	**Liniya raqami**	**y, mln so‘m (ishlab chiqarish hajmi)**
64,1 – 67,5	7	14,2
67,5 – 70,9	2; 10; 17; 18	18,3; 17,6; 17,1; 17,6
70,9 – 74,3	5; 7; 9; 12; 13; 15; 16	16,9; 17,1; 19,6; 16,6; 16,9; 16,9; 16,5
74,3 – 77,7	3; 5; 8; 19	20,5; 20,9; 18,5; 20,8
77,7 – 81,1	1; 5; 13; 16	18,6; 21,9; 21,9; 21,1

8.5-jadval

Guruhli jadval

Interval, %	**x′, % (o‘rta qiymat)**	**f_j (soni)**	**Σy_{ij} (mln so‘m)**	**$\bar{y}_j$, mln so‘m**
64,1 – 67,5	65,8	1	14,3	14,3
67,5 – 70,9	69,2	4	70,3	17,7
70,9 – 74,3	72,6	7	119,8	17,2
74,3 – 77,7	75,8	4	80,6	20,2
77,7– 81,1	79,4	4	83,2	20,9



8.2-rasm. Ishlab chiqarilayotgan mahsulot hajmining potok liniyalari avtomatlashtirish darajasiga bog‘liqligi

Chiziqli korrelyatsiya koeffitsientini hisoblash. (8.4) formula bo‘yicha *r* qiymati hisoblanadi. Yordamchi 8.6-jadvalda qiymatlar ko‘rsatilgan:

$$r = \frac{27173{,}1 - \frac{1469{,}3 \cdot 367{,}9}{20}}{\sqrt{\left(108274{,}1 - \frac{1469{,}3^2}{20}\right) \cdot \left(6852{,}8 - \frac{367{,}9^2}{20}\right)}} = \frac{145{,}3}{168{,}2} = 0{,}86.$$

Bu qiymat, bog‘liqlik to‘g‘ri va yetarli darajada yaqinligini ko‘rsatadi.

Koeffitsientning o‘rta kvadratik xatoligi:

$$S_r = \frac{\sqrt{1-r^2}}{\sqrt{n-2}} = \frac{\sqrt{1-0{,}86^2}}{\sqrt{20-2}} = 0{,}12\,;\; t = \frac{|r|}{S_r} = \frac{0{,}86}{0{,}12} = 7{,}167.$$

***t-kriteriy orqali ahamiyatni baholash*:** $t = S_r = 0{,}86$.

Styudent taqsimoti bo‘yicha α=0,05 va erkinlik darajasi *f*=18 uchun tanqidiy qiymat t_T = 1,734. Chunki t > t_T, demak, korrelyatsiya koeffitsienti ahamiyatli va bog‘liqlik haqiqiy.

8.5- jadval va chiziqli bog‘liqlik modeli tahlili. 8.6-jadvalda korrelyatsiya koeffitsienti va bog‘liqlik tenglamini hisoblash uchun zarur bo‘lgan ma’lumotlar keltirilgan.

Chiziqli bog‘liqlik modelini aniqlash: Faktor bo‘yicha umumiy o‘rta qiymat (mln.so‘mda):

$$\bar{y}_0 = \frac{367,9}{20} = 18,4$$

- Guruhlararo dispersiya:

$$S^2_{\delta y} = 3,32$$

- Jami dispersiya:

$$S_y{}^2 = 4,26$$

- Empirik korrelyatsion munosabat:

$$\eta = \sqrt{\frac{3,32}{4,26}} = 0,88;$$

- Chiziqli korrelyatsiya koeffitsienti:

$$\left|\eta^2 - r^2\right| = \left|0,88^2 - 0,86^2\right| = 0,04.$$

Chiziqli funksiyani qo‘llash mumkin.

Regressiya tenglami koeffitsientlari:

$$b = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{n\sum x^2 - (\sum x)^2} = 0,44;$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} = 18,4 - 0,44 \cdot 73,5 = -13,94.$$

Regressiya tenglamasi:

$$\tilde{y} = -13{,}94 + 0{,}44x\,.$$

O‘rta kvadratik xatolik:

$$S_e = \sqrt{\frac{\sum (y - \tilde{y})^2}{n - g}} = \sqrt{\frac{21{,}62}{20 - 2}} = 1{,}10$$

Regressiya tenglamasi bo‘yicha hisoblangan qiymatlari 8.6-jadvalda keltirilgan.

$$\frac{S_e}{\bar{y}} \cdot 100\% = \frac{1{,}10}{18{,}4} \cdot 100\% = 6\%.$$

Olingan qiymat 10% dan kam, demak, regressiya tenglami juda yaxshi natijani aks ettirib, amaliyotda qo‘llanilishi mumkin.

Takrorlash uchun savollar

1. Statistik va funksional bog‘liqlikka ta’rif bering.
2. Korrelyatsion bog‘liqlik nima deb ataladi?
3. Belgilar o‘rtasida korrelyatsion bog‘liqlik paydo bo‘lish sabablarini sanab bering.
4. Regressiya tenglami nima deb ataladi?
5. Korrelyatsiya koeffitsientiga ta’rif bering.
6. Korrelyatsion bog‘liqlikni o‘rganishning asosiy bosqichlari va har bir bosqichda hal qilinadigan vazifalar.

IX BOB. KO‘P OMILLI EKSPERIMENTLAR

9.1-§. Umumiy ma’lumotlar

Ilmiy tadqiqotlarda **optimizatsiya parametri** ko‘pincha bir vaqtning o‘zida bir nechta mustaqil **omillarga** bog‘liq bo‘ladi. Bunday hollarda **ko‘p omilli eksperimentlar** o‘tkaziladi, ya’ni tajribalar bir nechta omillar ta’sirini birgalikda o‘rganishga qaratiladi.

Ko‘p omilli tajribalar natijalarini tahlil qilishda **chiziqli polinomial modellar** (ya’ni ko‘p o‘zgaruvchili regressiya tenglamalari) tuziladi. Bu modellar yordamida natija belgisi (optimizatsiya parametri) omillar qiymatlariga qanday bog‘liqlikda o‘zgarishi aniqlanadi.

Polinomning **ko‘rinishi** yoki **darajasi** (masalan, birinchi tartibli – chiziqli, ikkinchi tartibli – kvadratik) tajriba boshlanishidan oldin nazariy tahlil asosida tanlanadi. Shundan so‘ng, modelning **koeffitsientlari** eksperimental o‘lchov natijalari orqali aniqlanadi.

Natijada hosil bo‘lgan **empirik model** nafaqat omillar ta’sirini aniqlash, balki maqsad funksiyasini optimallashtirish, ya’ni eng qulay sharoitlarni topish imkonini beradi.

Polinomial modellar keng qo‘llanilishi shundan dalolat beradiki, ko‘p o‘zgaruvchan funksiyalar (x_1, x_2, …, x_k) ni tadqiq etish chegaralangan hududda *Teylor qatori* orqali yaqinlashtirilishi mumkin.

Masalan, ikki o‘zgaruvchanli funksiya (x_1, x_2) ni markaz atrofida (0,0) Teylor qatorga tarqatsak:

$$f(x_1,x_2)=f_0+\left[\frac{\partial f(x_1,x_2)}{\partial x_1}x_1+\frac{\partial f(x_1,x_2)}{\partial x_2}x_2\right]+$$
$$+\frac{1}{2}\left[\frac{\partial^2 f(x_1,x_2)}{\partial x_1^2}x_1^2+2\frac{\partial^2 f(x_1,x_2)}{\partial x_1\partial x_2}x_1x_2+\frac{\partial^2 f(x_1,x_2)}{\partial x_2^2}x_2^2\right]+\delta,$$

bu yerda δ – uchinchi va undan yuqori darajali qo‘shilmalar.

$$f(x_1,x_2)=y;\ f_0=\beta_0;$$

belgilash kiritib,

$$\frac{\partial f(x_1,x_2)}{\partial x_u}=\beta_u,\ \frac{1}{2}\frac{\partial^2 f(x_1,x_2)}{\partial x_u^2}=\beta_{uu}\ (u=1,2);\ \frac{\partial^2 f(x_1,x_2)}{\partial x_1\partial x_2}=\beta_{12},$$

$$y=\beta_0+\sum_{u=1}^{2}\beta_u x_u+\sum_{u=1}^{2}\beta_{uu}x_u^2+\beta_{12}x_1x_2+\delta\ . \qquad (9.1)$$

olamiz.

Amaliyotda odatda birinchi darajali o‘zgaruvchilar x_u va ularning turli ko‘paytmalarini yoki birinchi va ikkinchi darajali o‘zgaruvchilarni qo‘shish kifoya qiladi. Agar modelda o‘zgaruvchaning darajasi *p*-1 bo‘lsa, eksperimentda uning kamida *p* qiymati yoki darajasi bo‘lishi kerak.

To‘liq faktorli eksperiment (TFE) – bu har bir faktor darajalarining barcha mumkin bo‘lgan va takrorlanmaydigan kombinatsiyalari amalga oshiriladigan eksperiment.

Eksperimentlardagi tajribalar soni quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$N=k^p\ .$$

Bu yerda *k* – har bir faktorning darajalar soni, *p* – omillar soni.

Odatda $k = 2$ (ikki daraja), kamroq hollarda $k = 3$, va $k > 3$ deyarli uchramaydi, chunki mustaqil tajribalar soni keskin ko‘payib ketadi.

9.1-jadval

Tajribalar soni $N=k^p$.

p \ k	**2**	**3**	**4**
2	4	8	16
3	9	27	81
4	16	64	256

TFE, har bir faktor faqat ikki qiymat qabul qilganda, ***faktorlar kvadratini inobatga olmagan holda*** polinomial model parametrlarini topish uchun qo‘llaniladi. Nazariy tenglama:

$$y = \beta_0 + \sum_{u=1}^{k} \beta_u x_u + \sum_{u \neq j}^{k} \beta_{uj} x_u x_j + \sum_{u \neq j \neq q}^{k} \beta_{ujq} x_u x_j x_q + \ldots + \beta_{uj\ldots k} x_u x_j \ldots x_k , \quad (9.2)$$

bu yerda β_0 – erkin a’zosi; β_u, β_{uu}, β_{uj} – ta’sir koeffitsientlari, birinchi va ikkinchi darajali omillar va ularning o‘zaro ta’sirini inobatga oladi;

- oxirgi qo‘shilma barcha omillarning ko‘paytmasining ta’sirini ko‘rsatadi.

Eksperiment ma’lumotlari asosida faqat *β-koeffitsientlar* ni baholash mumkin, ular *konstantalar* sifatida qaraladi. Buzilmas va barqaror *baholar* uchun regressiya tahlili va *eng kichik kvadratlar usuli* qo‘llaniladi.

Regressiya tenglamasi:

$$\tilde{y} = b_0 + \sum_{u=1}^{k} b_u x_u + \sum_{u \neq j}^{k} b_{uj} x_u x_j + \sum_{u \neq j \neq q}^{k} b_{ujq} x_u x_j x_q + \ldots + b_{uj\ldots k} x_u x_j \ldots x_k . \quad (9.3)$$

TFE ni rejalashtirish va amalga oshirish bosqichlari:

1. Optimizatsiya parametrlari va ularning darajalarini tanlash;
2. Faktorlarni kodlash;
3. Eksperiment matritsasini tuzish;

4. Tajribalarni randomizatsiya qilish;
5. Eksperimentni amalga oshirish;
6. Parallel tajribalar dispersiyasining oddiyligini va natijalarni qayta ishlashni tekshirish;
7. Regressiya tenglamasi koeffitsientlarini, xatolarini va ahamiyatliligini hisoblash;
8. Modelning adekvatligini tekshirish.

9.2-§. Omillarni kodlash

Kodlash – bu omillar darajalarining tabiiy qiymatlarini kodli, o‘lchovsiz qiymatlarga o‘tkazish bo‘lib, uning maqsadi – eksperimentning standart matritsasini tuzishdir.

Uzluksiz omillar uchun kodlash quyidagi formula orqali amalga oshiriladi:

$$X_u = \frac{x_u - x_{u0}}{\Delta x_u}, \qquad (9.4)$$

bu yerda X_u – u-omilning kodli qiymati; x_u – u-omilning joriy tabiiy qiymati; x_{0u} – omilning nul darajasi; Δx_u – u-omilning o‘zgarish intervali.

$$\Delta x_u = \frac{x_{u\max} - x_{u\min}}{2}. \qquad (9.5)$$

Kodlashdan so‘ng omillar darajalari qiymatlarni oladi:

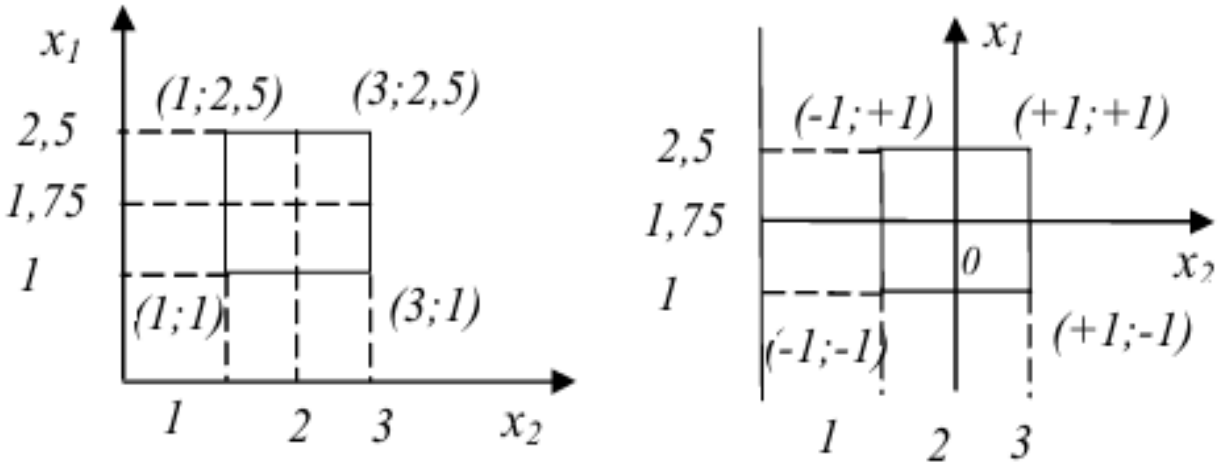
- **+1** – yuqori daraja;
- **–1** – past daraja;
- **0** – nol daraja.

Nol daraja odatda eksperiment o‘tkaziladigan intervalning markazi sifatida qabul qilinadi. Masalan, ikki omil (x_1, x_2) ni kodlash natijasi quyidagi jadvalda ko‘rsatilgan:

9.2-jadval

Faktorlarni kodlash

Faktorlar	x_1	X_1	x_2	X_2
Variatsiya intervali	0,75	1	1	1
Yuqori daraja	2,5	+1	3	+1
Past daraja	1	–1	1	–1
Asosiy daraja	1,75	0	2	0



9.1-rasm – kodlashdan oldin (a) va kodlashdan keyin (b) omillar fazasi va darajalari ko‘rsatilgan.

9.3-§. Eksperimentni rejalashtirish matritsalari

Eksperiment shartlari odatda *eksperimentni rejalashtirish matritsalari* shaklida yoziladi (jadval 9.3), bu yerda:

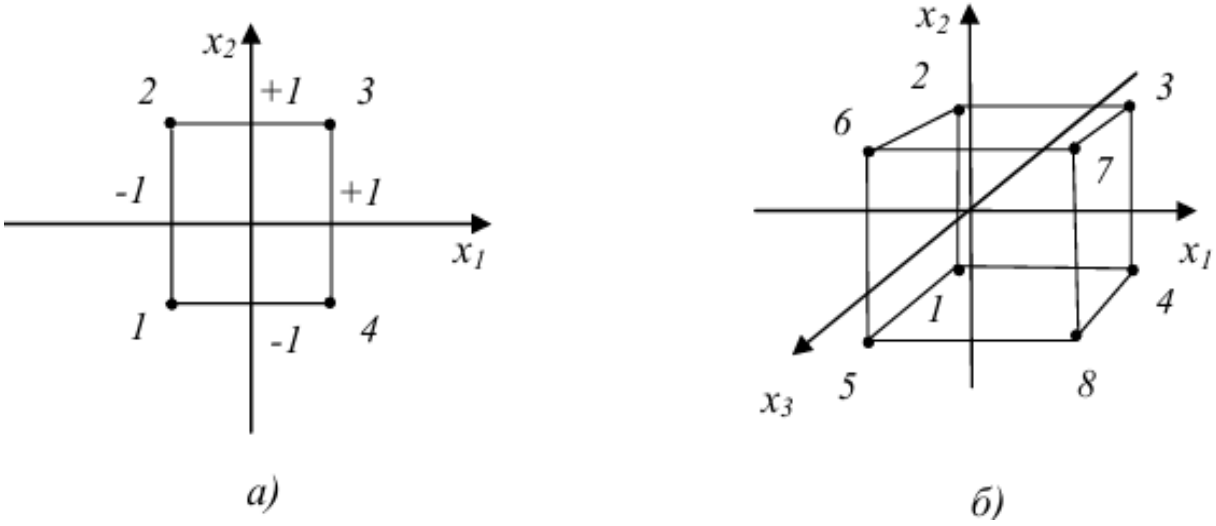
- qatorlar – turli mustaqil tajribalarga to‘g‘ri keladi;
- ustunlar – omillar qiymatlari (darajalari).

9.3-jadval

2^2 PFE matritsasi

Tajribalar tartibi	X_1	X_2	y
1	–1	–1	y_1
2	+1	–1	y_2
3	–1	+1	y_3
4	+1	+1	y_4

Umumiy holda, *k^2 turi rejalar* geometriya jihatidan ko‘p o‘lchovli fazadagi giperkubning burchaklarida joylashgan nuqtalar to‘plami sifatida tasavvur qilinadi. Giperkub ichidagi hudud – eksperiment rejalashtirish maydoni.



a) *б)*

a – ikki o‘lchovli fazoda ($N=2^2$); b – uch o‘lchovli fazoda ($N=2^3$)

9.2-rasm. PFEning geometrik talqini:

Katta o‘lchamli matritsani tuzishning bir usuli – *belgilarni navbatma-navbat almashtirish:*

- birinchi ustunda belgilar navbatma-navbat almashadi,
- ikkinchi ustunda – har ikkita qatordan keyin,
- uchinchi ustunda – har to‘rtta qatordan keyin va h.k.

9.4-jadval

PFE matritsasi (X_1, X_2, X_3, X_4)

Tajriba tartibi	X_1	X_2	X_3	X_4
1	–1	–1	–1	–1
2	+1	–1	–1	–1
3	–1	+1	–1	–1
4	+1	+1	–1	–1
5	–1	–1	+1	–1
6	+1	–1	+1	–1
7	–1	+1	+1	–1
8	+1	+1	+1	–1
9	–1	–1	–1	+1
10	+1	–1	–1	+1
11	–1	+1	–1	+1
12	+1	+1	–1	+1
13	–1	–1	+1	+1
14	+1	–1	+1	+1
15	–1	+1	+1	+1
16	+1	+1	+1	+1

PFE liney modelalarni tuzishda *eng samarali rejalardan* biri hisoblanadi. Samaradorlik quyidagi xususiyatlar orqali ta’minlanadi:

Simmetriya markazi bo‘yicha: matritsa har bir ustunning qiymatlari yig‘indisi nolga teng:

$$\sum_{i=1}^{N} X_{ui} = 0, \qquad (9.6)$$

bu yerda $u = 1, 2, 3, \ldots, k$ – faktor raqami; $\boldsymbol{i}$ – tajriba raqami; N – tajribalar soni.

Matritsaning har bir ustunidagi elementlar kvadratlari yig‘indisi tajribalar soniga teng:

$$\sum_{i=1}^{N} X_{ui}{}^{2} = N\,. \qquad (9.7)$$

Ortogonallik: har ikki ustunning elementlarining ko‘paytmasi yig‘indisi nolga teng, agar ular turli ustunlar bo‘lsa:

$$\sum_{i=1}^{N} X_{ui} X_{qi} = 0, \quad u \neq q\,; \qquad (9.8)$$

Rotatabellik: matritsadagi eksperimental nuqtalar shunday joylashganki, optimizatsiya parametri prognozining aniqligi markazdan teng masofadagi barcha yo‘nalishlarda va yo‘nalishidan qat’iy nazar bir xil.

9.4-§. Tajribalarni tasodifiylashtirish (randomizatsiya)

Sistematik xatolarni, ya’ni tashqi sharoitlardan kelib chiqadigan ta’sirlarni istisno qilish uchun *randomizatsiya (random – tasodifiylik)* usuli qo‘llaniladi. Bu usul asosan sistematik xatolarni tasodifiy xatolarga aylantirish prinsipiga asoslangan. **Sistematik xatolarni kamaytirish** maqsadida tajriba o‘tkazish jarayonida **usullar, sharoitlar va tajriba ketma-ketligi** tasodifiy tarzda o‘zgartiriladi. Bu yondashuv natijalarni ob’yektivlashtiradi, tashqi omillarning bir yo‘nalishda ta’sir qilishini kamaytiradi va o‘lchov natijalarining ishonchliligini oshiradi.

Masalan, agar **2^2 toifadagi tajriba rejasi** tanlansa va har bir tajriba nuqtasida optimizatsiya parametri **y** qiymati **ikkita parallel tajriba** asosida aniqlanishi lozim bo‘lsa, umumiy holda **16 ta tajriba** o‘tkazilishi kerak bo‘ladi.

Tajribalarning **o‘tkazilish tartibini belgilashda** esa **tasodifiy sonlar jadvalidan** (masalan, ilova 7 da keltirilgan) foydalanish tavsiya etiladi. Bu

yondashuv shundan iboratki, har bir tajriba tartibi oldindan tasodifiy aniqlanadi va shu tartibda bajariladi. Shuningdek, **tasodifiy tanlangan tajriba ketma-ketligini o‘zgartirish** qat’iyan tavsiya etilmaydi, chunki bu natijalarning statistik ishonchliligini buzishi mumkin.

9.5-§. Eksperimentni o‘tkazish

Eksperiment o‘tkazish jarayonida har bir **tanlangan omillar kombinatsiyasi** uchun **optimizatsiya parametri**ning qiymatlari o‘lchanadi. Shu o‘lchovlar natijasida olingan ma’lumotlar tasodifiy xarakterga ega bo‘ladi, chunki ularga turli **xatolik manbalari** ta’sir qiladi. Bular jumlasiga quyidagilar kiradi:

- **Faktor qiymatlarini o‘lchashdagi aniqlik cheklanishi** — o‘lchov asboblarining sezuvchanligi yoki kalibrlanishidagi xatolar;
- **Optimizatsiya parametrini o‘lchashdagi tasodifiy og‘ishlar** — inson omili yoki qurilma noaniqligi tufayli yuzaga keladigan xatoliklar;
- **Hisobga olinmagan tashqi omillar ta’siri** — atrof-muhitning harorati, bosim, namlik, yoki tajriba qurilmasining beqarorligi kabi sabablar.

Shu bois, **bir xil omillar qiymatlarida tajribani bir necha marta takrorlash** (parallel tajribalar) odatda **turlicha natijalar** beradi. Bu farq tasodifiy o‘zgaruvchanlik natijasidir va tajriba ishonchliligini baholashda hisobga olinadi.

Amaliyotda, har bir omillar kombinatsiyasi uchun **kamida ikki yoki undan ortiq parallel tajriba** o‘tkazishga intilinadi. Bunday **dublirlangan**

eksperimentlar natijalarning ishonchliligini oshirish, sistematik xatolarni aniqlash hamda **tajriba jarayonining to‘g‘ri bajarilganini tekshirish** imkonini beradi.

9.6-§. Parallel tajribalar dispersiyasining bir xilligini, eksperimentning takrorlanuvchanligini tekshirish

Parallel tajribalar dispersiyasining **bir jinsliligini tekshirish** — tajriba natijalari ishonchliligini ta’minlashda muhim bosqichlardan biridir. Bu tekshiruvning asosiy maqsadi — **tajriba xatolari normal taqsimot qonuniga bo‘ysunishini** aniqlashdan iborat. Agar o‘lchashdagi tasodifiy xatoliklar normal taqsimotga ega bo‘lsa, demak, tajriba natijalari statistik jihatdan to‘g‘ri va ishonchli deb hisoblanadi.

Aksincha, agar **bir jinslilik sharti buzilsa** yoki xatoliklar taqsimoti normal qonunga bo‘ysunmasa, unda tajriba natijalari bo‘yicha **regressiya tahlilini amalga oshirishning** imkoni bo‘lmaydi. Chunki bu holatda quyidagi ilmiy amallarni bajarish **statistik asosga ega bo‘lmay qoladi**:

- **Regressiya koeffitsientlarini hisoblash** va ularning fizik mazmunini aniqlash;
- **Koeffitsientlarning ahamiyatliligini** statistik mezonlar orqali tekshirish;
- Olingan **matematik modelning adekvatligini** (ya’ni tajriba ma’lumotlariga qanchalik mos kelishini) baholash.

Shu sababli, regressiya modeli tuzilishidan oldin parallel tajribalar dispersiyalarining **bir jinsliligi** albatta tekshiriladi. Bu tajribaning

ishonchliligini, modelning to‘g‘riligini va natijalarning ilmiy asoslanganligini kafolatlaydi.

Bir jinslilikka tekshirilish *Koxren kriteriyasi (G-kriteriy)* orqali amalga oshiriladi:

1. Parallel tajribalar dispersiyasini hisoblash:

$$S_i^2 = \frac{1}{r-1}\sum_{l=1}^{r}(y_{il} - \bar{y}_i)^2 , \qquad (9.9)$$

bu yerda r – parallel tajribalar soni (yakka o‘lchovlar uchun r=2); y_{il} – *i*-tajribadagi *l*-parallel qiymat; $\bar{u}_i$– *i*-tajriba uchun o‘rtacha qiymat.

2. Dispersiyalardan Koxren kriteriyasini hisoblash:

$$G = \frac{S_{\max}^2}{\sum_{i=1}^{N} S_i^2}; \qquad (9.10)$$

3. Erkinlik darajalarini aniqlash: $f_1=r-1$, $f_2=N$.
4. Axamiyat darajasini belgilash.
5. Jadvaldan TG kritik qiymatini topish (ilova 6).
6. *G* va G_T qiymatlarini solishtirish: agar $G \le G_T$, dispersiya birjinsli hisoblanadi.

Agar tekshirishda natija manfiy bo‘lsa, olingan eksperimental ma’lumotlarni funksiyani approksimatsiya qilishda ishlatish tavsiya qilinmaydi – tajribani takrorlash, har bir tajriba uchun takrorlashlar sonini ko‘paytirish kerak.

Dispersiya birjinsli bo‘lsa, *eksperimentning ijro etilishi va umumiy xatolarini hisoblash* mumkin:

- Umumiy tajriba dispersiyasi (optimizatsiya parametri dispersiyasi S_y^2) – barcha tajribalar dispersiyasining o‘rtacha qiymati $S_y^2=S_{ijro}^2$ teng:

$$S^2(y)=\frac{\sum_{i=1}^{N}\sum_{l=1}^{r}(y_{il}-\bar{y}_i)^2}{N(r-1)}=\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}S_i^2 \quad (i=1,2,\ldots,N;\, l=1,2,\ldots,r). \tag{9.11}$$

- Agar parallel tajribalar soni turlicha bo‘lsa, ***dispersiyaning o‘rtacha vaznli qiymati*** qo‘llaniladi:

$$S^2(y)=\frac{\sum_{i=1}^{N}f_iS_i^2}{\sum_{i=1}^{N}f_i}, \tag{9.12}$$

- Umumiy tajriba xatosi:

$$S(y)=\sqrt{S^2(y)}. \tag{9.13}$$

9.7-§. Regressiya koeffitsientlarini hisoblash va ularning ahamiyatini tekshirish

Regressiya koeffitsientlari – bu har bir omilning hamda ularning o‘zaro ta’sirining **optimizatsiya parametriga ta’sir darajasini miqdoriy baholovchi** asosiy ko‘rsatkichlardir. Ular tajriba natijalarini tahlil qilishda omillar ta’sirining yo‘nalishi va kuchini aniqlash imkonini beradi.

- **Koeffitsient qiymati qanchalik katta bo‘lsa**, ushbu omilning optimizatsiya parametriga ta’siri shunchalik **kuchli** bo‘ladi.
- **Musbat (“+”) ishora** shuni bildiradiki, omil qiymati ortganda, **optimizatsiya parametri ham ortadi**, ya’ni u to‘g‘ridan-to‘g‘ri bog‘liq.
- **Manfiy (“−”) ishora** esa omil qiymati ortishi bilan **optimizatsiya parametri kamayishini**, ya’ni teskari bog‘liqlik mavjudligini ko‘rsatadi.

Bundan tashqari, **regressiya koeffitsienti qiymati** faktorning **nol darajadan yuqori yoki past darajaga o‘tganda**, optimizatsiya parametriga keltirgan **o‘zgarish miqdorini** ifodalaydi. Shunday qilib, regressiya koeffitsientlari yordamida har bir omilning umumiy tizimdagi **ahamiyati, yo‘nalishi va hissasi** aniq aniqlanadi.

Keyinchalik, *faktorning chiziqli (asosiy) effekti* qiymatini baholash mumkin, bu – faktorning pastdan yuqori darajaga o‘tishdagi ta’siri $2b_u$.

Regressiya koeffitsientlari quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$b_u = \frac{\sum_{i=1}^{N} X_{ui} y_i}{N} \quad (u = 0,1,2,\ldots,k). \tag{9.14}$$

Agar regressiya tenglamasi quyidagicha bo‘lsa:

$$\bar{u} = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2, \tag{9.15}$$

Koeffitsient b_1 hisoblash uchun 1-ustun X_1, koeffitsient b_2 uchun 2-ustun X_2 qo‘llaniladi.

Agar (9.15) tenglama to‘g‘ri bo‘lsa, u o‘zgaruvchilarning arifmetik o‘rta qiymatlari uchun ham to‘g‘ri bo‘ladi:

$$\bar{y} = b_0 + b_1 \bar{X}_1 + b_2 \bar{X}_2 .$$

Simmetriya xususiyati tufayli:

$$\bar{X}_1 = \bar{X}_2 = 0 \rightarrow \bar{y} = b_0 ,$$

ya’ni b_0 – optimizatsiya parametrining arifmetik o‘rta qiymati.

Koeffitsientlarni hisoblash jarayonini **(6.14)-formula**ga muvofiq amalga oshirish uchun rejalashtirish matritsasiga **fiktiv o‘zgaruvchi** — $\mathbf{X_0}$ ustuni qo‘shiladi. Bu o‘zgaruvchi barcha tajribalarda **+1** qiymatini qabul qiladi (9.5-jadvalga qarang).

Bunday fiktiv o‘zgaruvchini kiritishdan maqsad — tenglamaning **erkin hadini (b_0)**, ya’ni tajribadagi umumiy o‘rtacha qiymatni aniqlashni soddalashtirishdir. Natijada, regressiya modelining barcha koeffitsientlari **bir xil usulda, yagona hisoblash formulasiga** asosan aniqlanadi. Shu tariqa, X_0 ustunining qo‘shilishi regressiya tahlilini **matematik jihatdan qulay va tartibli shaklga keltirishga** xizmat qiladi.

9.5-jadval

PFE 2^2 matritsasi

№ tajriba	X_0	X_1	X_2	y
1	+	−	−	y_1
2	+	+	−	y_2
3	+	−	+	y_3
4	+	+	+	y_4

Koeffitsientlar quyidagicha hisoblanadi:

$$\begin{aligned} b_1 &= [(-1)y_1 + (+1)y_2 + (-1)y_3 + (+1)y_4]/4; \\ b_2 &= [(-1)y_1 + (-1)y_2 + (+1)y_3 + (+1)y_4]/4; \\ b_0 &= [(+1)y_1 + (+1)y_2 + (+1)y_3 + (+1)y_4]/4. \end{aligned} \qquad (9.16)$$

Agar model chiziqli emas deb hisoblansa, uni murakkablashtirish kerak. Ko‘p uchraydigan chiziqli emaslik turi – *bir faktorning ta’siri boshqa faktorning darajasiga bog‘liq bo‘lishi*. Bu holatda ikki faktorning o‘zaro ta’siri (interaction effect) mavjud deb aytiladi. PFE bu o‘zaro ta’sirni *sanoatlab baholash* imkonini beradi. Bu uchun ikki faktor ustunlarini ko‘paytirish qoidasi orqali ularning ko‘paytmasi stolbesini olish kerak (9.6-jadval).

Model ikki faktorli o‘zaro ta’sir uchun:

$$\tilde{y} = b_0 X_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_{12} X_1 X_2;$$
$$b_{12} = [(+1)y_1 + (-1)y_2 + (-1)y_3 + (+1)y_4]/4. \quad (9.17)$$

9.6-jadval

PFE 2^2 matritsasi (o‘zaro ta’sirni hisobga olgan)

№ tajriba	X_0	X_1	X_2	X_1X_2	y
1	+	−	−	+	y_1
2	+	+	−	−	y_2
3	+	−	+	−	y_3
4	+	+	+	+	y_4

PFEda turli faktorlarning o‘zaro ta’sir darajalari ham mavjud. 9.7-jadvalda bu ta’sirlar misollari keltirilgan.

9.7-jadval

PFE 3^2 matritsasi (uch faktorli) o‘zaro ta’sirni hisobga olgan holatda:

№ tajriba	X_0	X_1	X_2	X_3	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3	$X_1X_2X_3$	Y
1	+	−	−	−	+	+	+	−	y_1
2	+	+	−	−	−	−	+	+	y_2
3	+	−	+	−	−	+	−	+	y_3
4	+	+	+	−	+	−	−	−	y_4
5	+	−	−	+	+	−	−	+	y_5
6	+	+	−	+	−	+	−	−	y_6
7	+	−	+	+	−	−	+	−	y_7
8	+	+	+	+	+	+	+	+	y_8

- X_1X_2, X_1X_3, X_2X_3 – birinchi darajali (birinchi tartibli) o‘zaro ta’sirlar; $X_1X_2X_3$ – ikkinchi darajali o‘zaro ta’sir.

Mumkin bo‘lgan o‘zaro ta’sirlar soni kombinatsiyalar soni formulasidan hisoblanadi:

$$C_k^m = \frac{k!}{m!(k-m)!}, \tag{9.18}$$

bu yerda k – faktorlar soni, m – o‘zaro ta’sirdagi elementlar soni. Masalan, 4^2 planida birinchi darajali o‘zaro ta’sirlar soni:

$$C_4^2 = \frac{4!}{2!2!} = 6.$$

Regressiya koeffitsientlarining statistik ahamiyatini tekshirish tenglamani soddalashtirish va statistik ahamiyatsiz koeffitsientlarni chiqarish uchun amalga oshiriladi. Bu tekshirish ikki usulda qilinishi mumkin:

1. ***Styudent t-kriteriy*** orqali,
2. Yoki ***ishonchli interval*** tuzish orqali.

PFEda barcha koeffitsientlarning xatolari bir xil bo‘ladi:

$$S_{b_0} = S_{b_u} = S_{b_{uj}}$$

Koeffitsient xato hisoblari quyidagicha:

$$S_b = \frac{\bar{S}(y)}{\sqrt{Nr}}. \tag{9.19}$$

Koeffitsient statistik ahamiyatli deb qaraladi, agar $|b_u| > 2\Delta b$,

bu yerda Δb – ishonchli interval, odatda Styudent kriteri yordamida hisoblanadi:

$$\Delta b = \pm t_T \cdot S_b. \tag{9.20}$$

Shuningdek, *t*-kriteriy orqali tekshirish quyidagicha amalga oshiriladi:

1. Koeffitsient xatolarini formula (9.19) bo‘yicha hisoblash;
2. Munosabatni aniqlash:

$$t_u = \frac{|b_u|}{S(b)}; \qquad (9.21)$$

3. Erkinlik darajasi: $d.f = N(r-1)$, ahamiyat darajasi α ni tanlash;
4. Jadvaldan kritik qiymat t_T ni topish;
5. Agar $t_u > t_T$, koeffitsient statistik ahamiyatli, aks holda – ahamiyatsiz.

***Koeffitsientning ahamiyatsizligi sabablari*:**

- Faktor funksiyaga ta’sir qilmaydi,
- Xato katta,
- Mustaqil o‘zgaruvchi uchun variatsiya qadami kichik,
- Funksiya ekstremumi tajriba markaziga yaqin

$$b_u \approx \frac{df(0,0,0,\ldots,0)}{dX_u}.$$

Ahamiyatsiz koeffitsientni chiqarishda, qolgan koeffitsientlar qayta hisoblanmaydi, ammo uning nol ahamiyatli bo‘lish sabablari tahlil qilinadi.

9.8-§. Modelning adekvatligini tekshirish

Bu bosqich regressiya tenglamasining aniqligini va ishonchliligini tekshirish maqsadida amalga oshiriladi. Ya’ni, olingan matematik model (regressiya tenglamasi) tajriba natijalarini qanchalik aniq aks ettirayotganini baholash zarur bo‘ladi.

Buning uchun model yordamida hisoblangan optimizatsiya parametri qiymati — u hamda tajribada bevosita o‘lchangan y qiymatlari o‘zaro

solishtiriladi. Ular orasidagi farq (ayrilishlar) aniqlanib, ushbu tafovutlar asosida regressiya tenglamasining moslik darajasi baholanadi.

Agar hisoblangan qiymatlar va eksperimental ma’lumotlar orasidagi tafovut kichik bo‘lsa, demak, tuzilgan regressiya tenglamasi real jarayonni yuqori aniqlikda tasvirlay oladi. Aks holda, modelga qo‘shimcha omillar kiritish yoki mavjud parametrlarni qayta aniqlash zarur bo‘ladi. Shu tarzda tekshiruv natijasida modelning statistik ishonchliligi hamda amaliy qo‘llashga yaroqliligi aniqlanadi.

Ayrilishlarni baholashda Fisher *F*-kriteri (dispersion nisbati) qo‘llaniladi.

Matematik modelning adekvatligini tekshirish qadamlari:

1. ***Adekvatlik dispersiyasini topish*:**

$$S_{a\partial}^2 = \frac{1}{N-g}\sum_{i=1}^{N} r_i\left(\bar{y}_i - \tilde{y}_i\right)^2, \qquad (9.22)$$

bu yerda r_i – *i*-qatordagi parallel tajribalar soni; $\bar{y}_i$ – *i*-qatordagi tajribaviy funksiya o‘rtacha arifmetik qiymati; $\tilde{y}_i$– *i*-qator uchun regressiya tenglamasi orqali topilgan qiymat; g – regressiya tenglamasidagi ahamiyatli koeffitsientlar soni; N – mustaqil tajribalar soni.

Agar barcha tajribalar *r* marta takrorlansa, formula quyidagicha yoziladi:

$$S_{a\partial}^2 = \frac{r}{N-g}\sum_{i=1}^{N}\left(\bar{y}_i - \tilde{y}_i\right)^2; \qquad (9.23)$$

2. ***F-kriteriy qiymatini hisoblash*:**

$$F = \frac{S_{a\partial}^2}{S_{восп}^2} = \frac{S_{a\partial}^2}{S^2(y)}; \qquad (9.24)$$

bu yerda S_{ijro}^2 – tajribaning umumiy dispersiyasi, adekvatlik va ijro etilishini baholash uchun qo‘llaniladi.

3. ***Erkinlik darajalarini aniqlash*:** $d.f_1=N-g-1, \quad d.f_2=N(r-1)$

va α ni ahamiyat darajasi tanlash.

4. ***Jadvaldan kritik qiymat F_{kr} ni topish*.**

Agar hisoblangan **F** qiymati $\mathbf{F_{kr}}$ (kritik qiymat) dan kichik yoki unga teng bo‘lsa, bu holda regressiya tenglamasi eksperimental natijalarni yetarlicha aniqlik bilan ifodalab bera oladi, ya’ni model **adekvat** deb hisoblanadi. Boshqacha aytganda, tajriba natijalari bilan model orqali hisoblangan qiymatlar orasidagi farq tasodifiy xatolik doirasida bo‘ladi va model real jarayonni matematik jihatdan to‘g‘ri tasvirlay oladi.

Ammo agar $\mathbf{F > F_{kr}}$ bo‘lsa, bu model tajriba natijalarini to‘liq aks ettira olmayotganini bildiradi, ya’ni **model adekvat emas**. Bunday holatda quyidagi chora-tadbirlar tavsiya etiladi:

- **1. Regressiya tenglamasini murakkablashtirish.** Modelga qo‘shimcha o‘zgaruvchilar yoki yuqori tartibli (kvadratik, kubik) a’zolar kiritish orqali matematik ifodaning moslashuvchanligini oshirish kerak. Bu natijada jarayonni yanada aniqroq ifodalash imkonini beradi.
- **2. Eksperiment sharoitlarini takomillashtirish.** Faktorlarning varirovanie (o‘zgarish) intervalini qisqartirish orqali natijalardagi tarqoqlik kamaytiriladi. Bu esa modelni aniqlashtirish va statistik xatoliklarni kamaytirishga yordam beradi.
- **3. O‘zaro ta’sirlarni hisobga olish.** Agar chiziqli model adekvat bo‘lmasa, faktorlar orasidagi o‘zaro ta’sir koeffitsientlarini kiritish lozim. Chunki ko‘plab tabiiy va texnologik jarayonlarda parametrlar bir-biriga ta’sir qiladi, bu esa faqat chiziqli model bilan to‘liq ifodalanmaydi.

Shunday qilib, model adekvat emasligi aniqlansa, uni takomillashtirish orqali real jarayonni aniqroq tasvirlovchi va prognoz qilishga yaroqli regressiya tenglamasi shakllantiriladi.

X BOB. QISQARTIRILGAN FAKTORLI EKSPERIMENT

10.1-§. Umumiy ma’lumotlar

Ikki darajali *k*-faktorli eksperimentda, faktorlar fazosida *N* nuqtada olingan tajribalar asosida regressiya tenglamasi koeffitsientlari topilishi mumkin. Agar tajriba modelida **faktorlar soni k ≥ 2** bo‘lsa, unda yuqori tartibli o‘zaro ta’sir effektlari — ya’ni $\mathbf{X_1X_2...X_k}$ ko‘rinishidagi ko‘paytmali a’zolar (agar **k ≥ 4** bo‘lsa) — odatda **statistik jihatdan ahamiyatsiz** deb hisoblanadi. Buning sababi shundaki, bunday yuqori darajadagi o‘zaro ta’sirlar amalda juda murakkab jarayonlarni ifodalaydi va ularning **optimizatsiya parametri y** ga ta’siri ko‘pincha **o‘zaro kompensatsiyalanadi**, ya’ni bir-birini yo‘qotadi. Natijada ularning umumiy hissasi deyarli nolga tenglashadi.

Amaliy tajriba natijalari ham shuni ko‘rsatadiki, **ko‘p sonli faktorlar** ishtirok etadigan regressiya tenglamalarida yuqori tartibli o‘zaro ta’sir a’zolarining qiymatlari amalda **nolga teng yoki juda kichik** bo‘ladi. Shu sababli, modellashtirish jarayonida bunday qo‘shuvchilarni e’tiborga olmaslik, modelni soddalashtirish va aniqlikni yo‘qotmasdan hisoblashlarni yengillashtirish imkonini beradi.

Natijada, amaliy jihatdan maqbul yechim — bu faqat **birinchi va ikkinchi tartibli** o‘zaro ta’sirlarni (masalan, X_1X_2, X_2X_3 va hokazo) inobatga olib, yuqori tartiblilarni ($X_1X_2X_3X_4$ va undan ortiq) **nol deb qabul qilish**dir. Bu yondashuv modelni soddalash bilan birga, hisoblashlarning barqarorligini va tahlilning aniqligini ta’minlaydi.

Shunday qilib, katta faktorlar sonida shunday tajriba planlari tuzish mumkinki, ular chiziqli effektlarni, faktorlarning juft va ba'zi hollarda uchlik o'zaro ta'sirlarini aniqlash imkonini beradi.

Kamaytirilgan regressiya koeffitsientlari soni tajriba o'tkazish va uning ma'lumotlarini qayta ishlashda vaqt va mablag'ni tejashga yordam beradi. Bunday eksperimentlarda tajribaviy nuqtalar soni regressiya koeffitsientlari *b* ni aniqlash uchun kerakli miqdorga teng yoki undan biroz ko'p bo'lishi kerak.

Bunday holatlar *qisqartirilgan faktorli eksperimentlar (DFE*) deb ataladi, 2^{k-p} ko'rinishda belgilanadi. Bunda DFE tajribaviy nuqtalar soni PFEga nisbatan 2^p marta kam bo'ladi. Chunki DFE PFEning bir qismi hisoblanadi, shuning uchun DFEni PFEning kasrli replikasi ham deb atash mumkin. Masalan:

- DFE, PFEning yarmini tashkil qilsa, u *polureplika* deb ataladi;
- DFE, PFEning 1/4 qismi bo'lsa, u *chorak replika* deb ataladi va h.k.

10.2-§. Qisqartirilgan faktorli eksperimentlarni rejalashtirish

DFE 2^{3-1} - rejasi. Bu DFEda tajribaviy nuqtalar soni:
$N = 2^{3-1} = 4$. Planning yadrosi *PFE* 2^2 bo'lib, undan quyidagi regressiya tenglamasi tuzilishi mumkin:

$$\tilde{y} = b_0 X_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_{12} X_1 X_2 .$$

Agar faktorlar (X_1X_2) o'zaro ta'siri statistik jihatdan ahamiyatsiz bo'lsa, b_{12} koeffitsientini aniqlash talab qilinmaydi va PFE 2^{3-1} matritsasidagi X_1X_2 stolbes DFE rejasi uchun olib tashlanadi. Bu stolbesni 3-chi faktor X_3 ni

variatsiya qilishda qo‘llaniladi, ya’ni tajriba jarayonida X_3 qiymatlari X_1X_2 ko‘paytmasiga muvofiq o‘zgartiriladi (10.1-jadval).

10.1-jadval

DFE 2^{3-1}- rejasi matritsasi

Tajriba tartibi	**X_0**	**X_1**	**X_2**	**$X_3 = X_1X_2$**	**y**
1	+	–	–	+	y_1
2	+	+	–	–	y_2
3	+	–	+	–	y_3
4	+	+	+	+	y_4

Boshqa DFE 2^{3-1} - rejasi, agar 3-chi faktor X_3 ni shu ko‘paytmaning teskari belgisi orqali kiritilsa, quyidagicha ko‘rinishda bo‘ladi (10.2-jadval).

10.2-jadval

DFE 2^{3-1}- rejasi matritsasi

Tajriba tartibi	**X_0**	**X_1**	**X_2**	**$X_3 = X_1X_2$**	**y**
1	+	–	–	–	y_1
2	+	+	–	+	y_2
3	+	–	+	+	y_3
4	+	+	+	–	y_4

10.3-jadval

DFE 2^{3-1} darajali faktorli eksperiment rejalashtirish matritsasi

Tажriba raqami	**X_0**	**X_1**	**X_2**	**$X_3 = -X_1X_2$**	**y**
1	+	–	–	–	y_1
2	+	+	–	+	y_2
3	+	–	+	+	y_3
4	+	+	+	–	y_4

10.1, 10.2-jadvaldagi rejalar simmetriya, normirovka va ortogonallik xususiyatlariga ega. Tajriba sharoitlariga qarab ulardan biri tanlanadi, chunki har biri faktor fazosida turli nuqtalarni ifoda etadi, va shu nuqtalarda mustaqil tajribalar o‘tkazilishi kerak. Har ikki reja quyidagi liney regressiya tenglamasini qurish imkonini beradi:

$$y\sim=b_0+b_1X_1+b_2X_2+b_3X_3, \qquad (10.1)$$

Ta’kidlash joizki, bunday tajriba rejalari asosida **to‘rtta noma’lum regressiya koeffitsientini** aniqlash mumkin bo‘ladi. Rejada to‘rtta tajriba nuqtasi mavjud bo‘lgani sababli, **to‘rtdan ortiq noma’lum qiymatlarni** aniqlash **matematik jihatdan imkonsiz** bo‘ladi. Shu bois, bunday rejalashtirishda faqat **erkin a’zo** (b_0) hamda **uchta chiziqli regressiya koeffitsienti** — (b_1), (b_2) va (b_3) — ni topish bilan cheklaniladi.

Boshqacha aytganda, bu reja **chiziqli model** uchun mo‘ljallangan bo‘lib, unda **har bir faktorning mustaqil ta’siri** hisobga olinadi, biroq **faktorlar orasidagi o‘zaro ta’sir** yoki **kvadratik (ikkinchi tartibli) ta’sirlar** inobatga olinmaydi. Agar modelda bunday qo‘shimcha a’zolarni aniqlash zarur bo‘lsa, unda **tajriba nuqtalar sonini oshirish** yoki **murakkabroq rejalashtirish sxemasidan** (masalan, markaziy kompozitsion yoki to‘liq faktor rejasidan) foydalanish talab etiladi.

Shunday qilib, to‘rtta tajriba nuqtasiga ega reja faqat **chiziqli regressiya tenglamasining asosiy koeffitsientlarini** aniqlash imkonini beradi va ularning har biri o‘zining fizik ma’nosiga ega bo‘ladi:

- b_0 — tajriba sharoitlarining umumiy o‘rtacha ta’sirini ifodalaydi;
- b_1, b_2, b_3 — mos ravishda har bir omilning y parametri (javob funksiyasi) ga chiziqli ta’sirini tavsiflaydi.

Reja, u yerda o‘zgaruvchilar soni qatorlar (tajribaviy nuqtalar) soniga qaraganda birga kam bo‘lsa, to‘yingan *(saturated) reja* deb ataladi.

PFE 3^2 asosida drobli replikalar tuzish mumkin. PFE 3^2 yadrosiga ega rejalarda 8 qator yoki 8 ta o‘zgaruvchi to‘plami mavjud, ularda javobning qiymatlari aniqlanadi. PFE 3^2 asosida quyidagi drobli replikalar tuzilishi mumkin:

- DFE 2^{4-1} – PFE 2^4 polureplikasi;
- DFE 2^{5-2} – PFE 2^5 ¼ replika;
- DFE 2^{6-3} – PFE 2^6 1/8 replika;
- DFE 2^{7-4} – PFE 2^7 1/16 replika.

DFE 2^7 - to‘yingan reja hisoblanadi, chunki faktorlar soni qatorlar soniga qaraganda bittaga kam.

PFE 2^3 asosida regressiya tenglamasi quyidagicha tuzilishi mumkin:

$$\tilde{y} = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_{12} X_1 X_2 + b_{13} X_1 X_3 + \\ + b_{23} X_2 X_3 + b_{123} X_1 X_2 X_3, \qquad (10.1)$$

Bu yerda uchta parli (birinchi daraja) va bir uchlik (ikkinchi daraja) o‘zaro ta’sirlar mavjud. Agar ayrim o‘zaro ta’sirlar statistik jihatdan ahamiyatsiz bo‘lsa, polureplika DFE 2^{4-2}- tuzilishi mumkin. Agar ikki o‘zaro ta’sir ahamiyatsiz bo‘lsa, PFE 2^5 ¼ replika yoki DFE 2^{5-2} tuziladi.

Masalan, uchlik va parli 13-chi koeffitsientlar ahamiyatsiz bo‘lsa, ¼ replika tuzish uchun ikki qo‘shimcha faktor X_4, X_5 quyidagi qoidalar asosida kiritilishi mumkin:

yoki $$X_4 = X_1 X_3, X_5 = X_1 X_2 X_3, \qquad (10.2)$$

yoki $$X_4 = -X_1 X_3, X_5 = X_1 X_2 X_3, \qquad (10.3)$$

yoki $$X_4 = X_1 X_3, X_5 = -X_1 X_2 X_3, \qquad (10.4)$$

yoki $$X_4 = -X_1X_3, X_5 = -X_1X_2X_3, \quad (10.5)$$

Bu generatorlar *generatsiya qoidalari yoki generatorlar* deb ataladi. Keling, DFE 2^{5-2} - rejasini tuzamiz, generatorlar quyidagicha $X_4 = -X_1X_3$, $X_5 = X_1X_2X_3$ qiymatga ega (10.4-jadval). Bu reja besh faktorli fazoda *sakkiz nuqtani* ajratadi, ularda javob (*y*) qiymatlari o‘lchanishi kerak.

10.4-jadval

DFE 2^{5-2}- rejasi matritsasi

Tajriba tartibi	X_0	X_1	X_2	X_3	$X_4 = -X_1X_3$	$X_5 = X_1X_2X_3$	**y**
1	+1	–1	–1	–1	–1	–1	y_1
2	+1	+1	–1	–1	+1	+1	y_2
3	+1	–1	+1	–1	–1	+1	y_3
4	+1	+1	+1	–1	+1	–1	y_4
5	+1	–1	–1	+1	+1	+1	y_5
6	+1	+1	–1	+1	–1	–1	y_6
7	+1	–1	+1	+1	+1	–1	y_7
8	+1	+1	+1	+1	–1	+1	y_8

Kasrli faktorli tajribalar vaqtni tejaydi, ammo shunday rejada *β-koeffitsientlarni baholashda aralashuv effekti* paydo bo‘lishi mumkin.

Ko‘p omilli tajriba natijalari asosida **b-koeffitsientlar**ni hisoblash jarayonida ba’zan ularning har biri **faqat bitta aniq koeffitsientni** emas, balki **bir nechta koeffitsientlarning kombinatsiyasini** aks ettiradi. Boshqacha aytganda, **har bir baholangan b qiymati** modeldagi bir necha **nazariy β-koeffitsientlarning yig‘indisi yoki aralashmasi** bo‘lishi mumkin.

Masalan, amalda olinadigan β_0 koeffitsienti faqat modelning **erkin a'zosi** β_0 ni emas, balki ayrim **kvadratik a'zolarning** (masalan, β_{11} va β_{22} ta'sirini ham o'zida mujassam etadi. Bu holat shundan dalolat beradiki, real tajribada **(6.2)-tenglamada nazarda tutilmagan** bo'lsa ham, ayrim **noliniy yoki yuqori tartibli ta'sirlar** mavjud bo'lishi mumkin.

Shu sababli, tajriba natijalarini tahlil qilishda har bir koeffitsientni **faqat matematik ma'noda emas, balki fizik mazmuni** bilan ham talqin etish zarur. Aks holda, modelda **bir-biriga qo'shilib ketgan ta'sirlar** noto'g'ri izohlanib, natijada **optimallashtirish yoki prognozlash aniqligi pasayishi** mumkin.

Agar barcha $\beta_{uu}=0$ bo'lsa, b_0 haqiqiy β_0 ni baholaydi:

$$\beta_0 \rightarrow b_0$$

Agar ayrim $\beta_{uu}\neq 0$ bo'lsa, b_0 ham β_0, ham barcha noldan farq qiluvchi βuu ni baholaydi:

$$b_0 \rightarrow \beta_0 + \sum_{u=1}^{k} \beta_{uu} . \qquad (10.6)$$

DFE 2^{3-1} da baholash aralashuvini tahlil qilish uchun barcha o'zaro ta'sirlar inobatga olingan *struktura matritsasi* tuziladi (10.4-jadval).

Jadvaldan ko'rinadiki, $X_3=-X_1X_2$, $X_3X_1=-X_1X_3$, $X_2X_3 = -X_2X_3$,… ko'rinishga ega. Shu sababli, (10.7) tenglama bo'yicha *b* - koeffitsientlar regressiya koeffitsientlari farqlarini baholaydi:

$$b_{12}\rightarrow\beta 1_2-\beta_3,\ \ b_{13}\rightarrow\beta_{13}-\beta_2,\ b_{23}\rightarrow\beta_{23}-\beta_1,\ b_{123}\rightarrow\beta_{123}-\beta_0. \qquad (10.7)$$

Ko'p faktorli tajribalarda (k>3) baholash aralashuvini tahlil qilish murakkab. Buni *generator qoidalar va aniq kontrast* tushunchasini joriy etish orqali ancha yengillashtirish mumkin.

DFE 2^{3-1} rejasida generator $X_3=-X_1X_2$ *aniq kontrast (OK*) ni beradi:

$$1 = X_3^2 = -X_1X_2X_3. \qquad (10.8)$$

OK ikki tarafini ketma-ket X_0, X_1, X_2, X_3 ga ko‘paytirib, quyidagi ekvivalentliklar olinadi:

$$X_0 = -X_1X_2X_3,\ X_1 = -X_2X_3,\ X_2 = -X_1X_3,\ XX_3 = -X_1X_2$$

Shundan kelib chiqib, belgilar (10.8) ga muvofiq bo‘ladi. Shu yo‘sinda, umumiy holatlarda ham baholash aralashuvini tahlil qilish amalga oshiriladi. Shuningdek, DFE 2^{5-2} rejasida ham generatorlar $X_4 = -X_1X_3$, $X_5 = X_1X_2X_3$ orqali baholash aralashuvi tahlil qilinadi. Ikki yoki undan ko‘p generator mavjud bo‘lganda, *umumlashtirilgan aniq kontrast (OOK)* aniqlanadi:

$$X_4 = X_1X_2,\ X_{32} = X_1X_2,\ X_5 = X_1X_2X_3$$

Umumlashtirilgan OOK bu holatda quyidagi shaklda bo‘ladi:

$$1 = -X_1X_3X_4 = X_1X_2X_3X_5 = -X_2X_4X_5. \qquad (10.9)$$

Keyin baholash aralashuvi tahlili OOK (10.9) asosida olib boriladi. Masalan, koeffitsient b_1 da qaysi effektlar aralashuvini ko‘rib chiqaylik. Bunga barcha qismi (10.9) ni X_1 ga ko‘paytirib, quyidagi ekvivalentlik olamiz:

$$X_1 = -X_3X_4 = X_2X_3X_5 = -X_1X_2X_4X_5.$$

Shundan kelib chiqib, koeffitsient b_1 quyidagilarning ***yig‘indisini baholaydi***:

$$b_1 \rightarrow \beta_1 + \beta_{34} - \beta_{235} + \beta_{1245}$$

Ushbu tahlilning maqsadi – noma’lum va istamagan aralashuvlarni oldini olish. Xususan, katta xatoga sabab bo‘lishi mumkin bo‘lgan narsa – chiziqli *effektlar va juftlashtirilgan (ikkala) o‘zaro ta’sirlar aralashuvi,* chunki ko‘p hollarda bu koeffitsientlar bir xil tartibda bo‘ladi.

Maqsad – shunday generatorlarni tanlashki, chiziqli effektlar *yuqori tartibli o‘zaro ta’sirlar* bilan aralashmasin. *DFE natijalarini* ishlash usuli PFE natijalarini ishlash bilan bir xildir.

10.3-§. Birinchi tartib rejalarini qo‘llanish misoli

Farz qilaylik, keramik quruq poroshok (shliker)ning namligini uni qurutish jarayoni parametrlari qanday ta’sir qilishini o‘rganish zarur. Quritish jarayonidan so‘ng **shlikerning qoldiq namligi** ma’lum me’yoriy chegaralarda bo‘lishi talab etiladi. Agar bu namlik miqdori belgilangan me’yordan og‘sa, u holda **keramik buyumlarning sifat ko‘rsatkichlari yomonlashadi** – masalan, ularning mustahkamligi, silliqligi yoki shakl barqarorligi buzilishi mumkin.

Oldingi tadqiqotlar natijalari shuni ko‘rsatadiki, shliker namligi **quritish jarayonida hosil bo‘layotgan gazlarning harorati** bilan eng yaqin bog‘liq parametr hisoblanadi. Boshqacha aytganda:

- agar **shliker namligi oshsa**, quritish zonasi gazlarining **harorati pasayadi**,
- aksincha, **namlik kamayganda**, gazlarning **harorati ortadi**.

Demak, quritish jarayonida **harorat va namlik orasidagi teskari bog‘liqlik** mavjud bo‘lib, bu munosabatni aniq matematik model orqali ifodalash shliker quritish samaradorligini oshirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Shuning uchun natija ko‘rsatkichi sifatida qurutish gazlarining harorati tanlandi.

Variabel faktorlar sifatida quyidagilar qabul qilindi: shliker oqimi m, gaz oqimi *v*, quritish pressining bosimi *p* (10.5-jadval).

10.5-jadval

Omillar darajalarini tanlash va kodlash

Kod belgisi	**Omil**	**O‘lchov birligi**	**Quyi daraja (–1)**	**Asosiy daraja (0)**	**Yuqori daraja (+1)**	**Variatsiya intervali Δx_i**
X_1	m	t/soat	1,25	1,52	1,79	0,27
X_2	*v*	m^3/soat	0,76	1,00	1,24	0,24
X_3	*p*	MPa	0,13	0,14	0,15	0,01

Ko‘rsatilgan faktorlar ta’sirini baholash va jarayonni matematik tasvirlash uchun *birinchi tartibli model* qo‘llaniladi:

$$\tilde{y} = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + \\ + b_{23}X_2X_3 + b_{123}X_1X_2X_3 . \qquad (10.10)$$

Faktorlarning o‘zaro ta’siri hisobga olingan **to‘liq faktorli eksperiment (PFE) 3^2 rejasi** uchun tuzilgan tajriba matritsasi 10.10-jadvalda keltirilgan. Ushbu rejaga muvofiq, **quritish jarayonida chiqayotgan gazlarning haroratini aniqlash** maqsadida har bir matritsa satrida **uchta parallel tajriba** o‘tkazilishi rejalashtirilgan. Natijada, umumiy hisobda **24 ta tajriba** bajarilishi lozim.

Tajriba natijalariga tizimli xatolar ta’sirini kamaytirish va ularning ishonchliligini oshirish uchun **tajribalar ketma-ketligi randomizatsiya qilinadi**, ya’ni ular **tasodifiy tartibda** bajariladi. Buning uchun **tasodifiy sonlar jadvali (ilova 7)** dan foydalaniladi. Masalan, jadvalning ikkinchi ustunidan boshlab 1 dan 24 gacha bo‘lgan sonlar yozib chiqiladi, bunda **24 dan katta yoki takrorlanuvchi sonlar chiqarib tashlanadi**. Shu asosda

shakllantirilgan tasodifiy tartibdagi tajribalar ketma-ketligi **10.6-jadvalda** keltirilgan.

Bunday yondashuv tajriba natijalarining **obyektivligini** va **statistik ishonchliligini** ta’minlaydi, shuningdek, **tasodifiy omillar ta’sirini kamaytirish** orqali quritish jarayonining haqiqiy qonuniyatlarini aniqlash imkonini beradi.

10.6-jadval

Tajribalar o‘tkazish tartibi

Matritsa bo‘yicha tajriba raqami	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Tajriba raqami	24	19	4	9	5	21	7	8
Tasodifiy tartibda o‘tkazish	22	20	1	3	17	6	11	18

Tajribalar natijalari, matritsa rejasi va 10.6- jadval ma’lumotlariga muvofiq, 10.7-jadvalda keltirilgan.

10.7-jadval

Tajribalar natijalari

Tempe-ratura, °C	**Tajriba raqami**	y_{1i}	y_{2i}	y_{3i}	$\bar{y}_i$ **(o‘rta qiymat)**	$\hat{y}_i$ **(hisobiy qiymat)**	S^2_i **(disper-siya)**	$(y_i - \hat{y}_i)^2$
1	333	328	366	341,8	357,7	450,4	253,4	
2	666	675	693	677,4	661,5	204,4	253,4	
3	826	887	895	868,8	872,4	1450,4	13,5	
4	778	726	832	778,1	774,4	2863,1	13,5	
5	1077	1089	1029	1064,4	1068,1	972,4	13,5	
6	1191	1184	1136	1169,8	1166,1	862,4	13,5	
7	1288	1237	1271	1265,4	1281,4	726,4	253,4	
8	993	991	996	993,3	977,4	776,4	253,4	

Parallel tajribalar dispersiyasi (6.9) formula bo‘yicha aniqlanadi. Dispersiyaning gomogenligini *Koxren kriteriyasi* (6.10) orqali tekshiradi:

$$G = \frac{S^2_{\max}}{\sum_{i=1}^{n} S_i^2} = \frac{2863{,}0}{7535{,}3} = 0{,}38.$$

Ahamiyatlilik darajasi α=0,05, erkinlik darajasi $d.f_1=1$, $d.f_2=8$. Jadvaldagi Koxren qiymati: G_T=0,5157.

Hisoblangan qiymat jadvaldagidan kichik, demak parallel tajribalar dispersiyasi gomogen va bu tajribalar xatolari taqsimotining normalligini tasdiqlaydi.

Butun eksperiment dispersiyasi (6.11):

$$S^2(y) = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} S_i^2 = 941{,}9.$$

(6.35) *tenglamaning koeffitsientlari* quyidagicha hisoblanadi:

$$b_0 = \bar{y}_0 = \frac{\sum \bar{y}_i}{N} = 895;$$

$$b_1 = \frac{\sum_{i=1}^{N} X_{1i}\bar{y}_i}{N} =$$

$$= \frac{-341{,}7 + 677{,}3 - 868{,}7 + 778{,}0 - 1064{,}3 + 1169{,}7 - 1265{,}3 + 993{,}3}{8} = 10$$

va h.k.

Barcha koeffitsientlar hisoblanganidan so‘ng, (6.35) tenglama ko‘rinishni oladi:

$$\tilde{y}=895+10X_1+82X_2+228X_3-100X_1X_2-51X_1X_3-75X_2X_3-6X_1X_2X_3$$

Koeffitsientlarning xatoliklari:

$$S_b = \frac{\bar{S}(\bar{y})}{\sqrt{Nr}} = \frac{30{,}7}{\sqrt{8\cdot 3}} = 6{,}3.$$

Statistik ahamiyatliligini aniqlash uchun ***sonlilik intervali***:

$$\Delta b = t\, S_b = 1{,}746$$

Styudent t-kriteriyning jadval qiymati ahamiyatlilik darajasi α=0,05 va erkinlik darajalari soni $d.f=N\cdot(r-1)=8\cdot2=16$ ga teng. Koeffitsientlar b_1 va b_{123} statistik jihatdan ahamiyatsiz bo‘lib chiqdi, shuning uchun regressiya tenglamasi quyidagi ko‘rinishga ega:

$$\tilde{y}=895+82X_2+228X_3-100X_1X_2-51X_1X_3-75X_2X_3$$

Hisoblangan $\tilde{y}$ qiymatlari 10.14-jadvalda keltirilgan. Olingan modelning adekvatligi Fisher mezoni (6.24) yordamida aniqlanadi. Adekvatlik dispersiyasi (6.23).

$$S^2_{ad}=\frac{3}{8-6}\sum_{i=1}^{N}(\bar{y}_i-\tilde{y}_i)^2=1600{,}7;\ F=\frac{S^2_{ad}}{S^2(y)}=\frac{1600{,}7}{941{,}9}=1{,}70.$$

$fd_1=6-2=8;\ \ fd_2=16-1=15;\ \alpha=0{,}05$ uchun tanqidiy qiymat F_T=3,64. Chunki $F_T \geq F$, (6.36) tenglama javob funksiyasini adekvat tasvirlaydi.

Olingan natijalar va (6.36)-tenglamani tahlil qilish asosida quyidagi xulosalar chiqarish mumkin:

- ko‘rsatilgan doirada shliker sarfi mustaqil holda quritishda chiquvchi gazlar haroratiga, demak, shlikerning namligiga ham ta’sir ko‘rsatmaydi;
- gaz sarfi va quritkichdagi bosim oshishi bilan chiquvchi gazlar harorati ko‘tariladi, namlik esa kamayadi (chunki $b_2>0$ va $b_3>0$, shuningdek eng katta ta’sirni quritkichdagi bosim ko‘rsatadi;
- chiziqli effektlar bilan birga X_1X_2, X_1X_3, X_2X_3 o‘zaro ta’sir effektlari ham ahamiyatli bo‘lib, ular chiquvchi gazlar haroratining pasayishiga olib keladi.

Xulosalar:

- Suvli keramik suspenziyaning oqimi belgilangan chegaralarda haroratga ta’sir qilmaydi, shuningdek namlikka ham ta’sirsiz;
- Gaz oqimi va bosim oshganda chiqadigan gazlar harorati ko‘tariladi, namlik kamayadi ($b_2>0, b_3>0$), eng katta ta’sir bosimdan kelib chiqadi;
- Liney ta’sirlar bilan birga, X_1X_2, X_1X_3, X_2X_3 o‘zara ta’sirlar ham statistik ahamiyatli ekanligi aniqlandi.

Takrorlash uchun savollar:

1. To‘liq faktorli tajribani ta’riflang.
2. β-koeffitsientlar nimani ko‘rsatadi?
3. To‘liq faktorli tajribani rejalashtirish va amalga oshirish bosqichlari.
4. Faktorlarni kodlash nimani anglatadi va nima uchun qilinadi?
5. k^2 turi rejalarining geometrik tasvirlanishi.
6. Tajriba rejasi matritsasi qanday shakllanadi? 2^2, 2^3, 2^4 rejalar matritsasini tuzing.
7. To‘liq faktorli tajriba matritsasining xususiyatlari.
8. Tajribalar randomizatsiyasi nimani anglatadi va nima uchun qilinadi?
9. Parallel tajribalar nima?
10. Parallel tajribalar dispersiyasini tekshirish va uning maqsadi.
11. Eksperimentni qayta tiklash tushunchasi.
12. Eksperiment xatosini qanday baholash mumkin?
13. Regressiya koeffitsientlari hisoblash usuli va formulasi.
14. Faktorlar o‘zaro ta’siri va uni to‘liq faktorli tajribada hisobga olish.

15. Birinchi, ikkinchi, uchinchi va h.k. tartibdagi ta’sirlar, va ular sonini qanday aniqlash.
16. β-koeffitsientlarning ahamiyatligini tekshirish usullari.
17. Regressiya koeffitsientlari ahamiyatsizligining sabablari.
18. Regressiya tenglamasining adekvatligini tekshirish usuli.
19. Qisqartirilgan faktorli tajriba nima?
20. To‘liq faktorli tajribaning drobli replikasi nima?

ILOVALAR

1-Ilova

Ordinatalarning normal taqsimoti

$$p(t)=\left(\sqrt{2\pi}\right)^{-1}\exp\left(-t^2/2\right)$$

t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,3989	0,3989	0,3988	0,3987	0,3986	0,3984	0,3982	0,3979	0,3976	0,3973
0,1	0,3969	0,3965	0,3960	0,3955	0,3950	0,3944	0,3938	0,3932	0,3925	0,3918
0,2	0,3910	0,3902	0,3189	0,3885	0,3876	0,3866	0,3856	0,3846	0,3836	0,3825
0,3	0,3813	0,3802	0,3790	0,3778	0,3765	0,3752	0,3739	0,3725	0,3711	0,3697
0,4	0,3682	0,3667	0,3652	0,3637	0,3621	0,3605	0,3588	0,3572	0,3655	0,3538
0,5	0,3520	0,3502	0,3484	0,3466	0,3448	0,3429	0,3410	0,3391	0,3371	0,3352
0,6	0,3332	0,3312	0,3291	0,3271	0,3250	0,3229	0,3208	0,3187	0,3165	0,3144
0,7	0,3122	0,3100	0,3078	0,3056	0,3033	0,3011	0,2988	0,2965	0,2943	0,2920
0,8	0,2896	0,2873	0,2850	0,2826	0,2803	0,2779	0,2756	0,2732	0,2708	0,2684
0,9	0,2660	0,2636	0,2612	0,2588	0,2564	0,2540	0,2516	0,2492	0,2468	0,2443
1,0	0,2419	0,2395	0,2371	0,2347	0,2323	0,2299	0,2275	0,2251	0,2227	0,2203
1,1	0,2178	0,2154	0,2130	0,2106	0,2083	0,2059	0,2035	0,2012	0,1988	0,1965
1,2	0,1941	0,1918	0,1895	0,1874	0,1849	0,1826	0,1803	0,1781	0,1758	0,1736
1,3	0,1713	0,1691	0,1689	0,1647	0,1625	0,1603	0,1582	0,1560	0,1539	0,1518
1,4	0,1497	0,1476	0,1455	0,1435	0,1414	0,1394	0,1374	0,1354	0,1334	0,1314
1,5	0,1295	0,1275	0,1256	0,1237	0,1218	0,1200	0,1181	0,1163	0,1145	0,1127
1,6	0,1109	0,1091	0,1074	0,1056	0,1036	0,1022	0,1005	0,0989	0,0972	0,0956
1,7	0,0940	0,0924	0,0908	0,0893	0,0878	0,0862	0,0847	0,0832	0,0818	0,0804
1,8	0,0789	0,0775	0,0761	0,0747	0,0734	0,0721	0,0707	0,0694	0,0681	0,0669
1,9	0,0656	0,0644	0,0632	0,0615	0,0608	0,0596	0,0584	0,0573	0,0562	0,0551
2,0	0,0540	0,0529	0,0519	0,0508	0,0498	0,0488	0,0478	0,0468	0,0459	0,0450
2,1	0,0439	0,0430	0,0421	0,0413	0,0404	0,0396	0,0387	0,0379	0,0370	0,0363
2,2	0,0365	0,0347	0,0339	0,0332	0,0325	0,0317	0,0310	0,0303	0,0296	0,0290
2,3	0,0283	0,0277	0,0271	0,0264	0,0258	0,0252	0,0246	0,0240	0,0235	0,0229
2,4	0,0224	0,0219	0,0213	0,0208	0,0203	0,0198	0,0194	0,0188	0,0184	0,0180
2,5	0,0175	0,0171	0,0167	0,0163	0,0158	0,0154	0,0151	0,0147	0,0143	0,0139
2,6	0,0135	0,0132	0,0129	0,0126	0,0122	0,0119	0,0116	0,0113	0,0110	0,0107
2,7	0,0104	0,0101	0,0099	0,0096	0,0094	0,0091	0,0088	0,0086	0,0084	0,0081
2,8	0,0079	0,0077	0,0075	0,0073	0,0071	0,0069	0,0067	0,0065	0,0063	0,0061
2,9	0,0059	0,0058	0,0056	0,0054	0,0053	0,0051	0,0050	0,0048	0,0047	0,0046
3,0	0,0044	0,0043	0,0042	0,0041	0,0039	0,0038	0,0037	0,0036	0,0035	0,0034
3,1	0,0033	0,0032	0,0031	0,0030	0,0029	0,0028	0,0027	0,0026	0,0025	0,0025
3,2	0,0024	0,0023	0,0022	0,0022	0,0021	0,0020	0,0020	0,0019	0,0018	0,0018
3,3	0,0017	0,0017	0,0016	0,0016	0,0015	0,0015	0,0014	0,0014	0,0013	0,0013
3,4	0,0012	0,0012	0,0012	0,001	0,0011	0,0010	0,0010	0,0010	0,0009	0,0009
3,5	0,0009	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0006
3,6	0,0006	0,0006	0,0006	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0004
3,7	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
3,8	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
3,9	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001

Pirson kriteriyasining qiymati (χ^2 -kreteriya)

d.f. erkinlik darajasi	α -ahamiyatlilik darajasi					
	0,25	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005
1	1,323	2,706	3,841	5,024	6,635	7,879
2	2,773	4,605	5,991	7,378	9,210	10,597
3	4,108	6,251	7,815	9,348	11,345	12,838
4	5,385	7,779	9,488	11,143	13,277	14,860
5	6,626	9,236	11,071	12,833	15,086	16,750
6	7,841	10,645	12,592	14,449	16,812	18,548
7	9,037	12,017	14,067	16,013	18,475	20,278
8	10,219	13,362	15,507	17,535	20,090	21,955
9	11,389	14,684	16,919	19,023	21,666	23,589
10	12,549	15,987	18,307	20,483	23,209	25,188
11	13,701	17,275	19,675	21,920	24,725	26,757
12	14,845	18,549	21,026	23,337	26,217	28,299
13	15,984	19,812	22,362	24,736	27,688	29,819
14	17,117	21,064	23,685	26,119	29,141	31,319
15	18,245	22,307	24,996	27,488	30,578	32,801
16	19,369	23,542	26,296	28,845	32,000	34,267
17	20,489	24,769	27,587	30,191	33,409	35,718
18	21,605	25,989	28,869	31,526	34,805	37,156
19	22,718	27,204	30,144	32,852	36,191	38,582
20	23,828	28,412	31,410	34,170	37,566	39,997
21	24,935	29,615	32,671	35,479	38,932	41,401
22	26,039	30,813	33,924	36,781	40,289	42,796
23	27,141	32,007	35,172	38,076	41,638	44,181
24	28,241	33,196	36,415	39,364	42,980	45,559
25	29,339	34,382	37,652	40,646	44,314	46,928
26	30,435	35,563	38,885	41,923	45,642	48,290
27	31,528	36,741	40,113	43,194	46,963	49,645
28	32,620	37,916	41,337	44,461	48,278	50,993
29	33,711	39,087	42,557	45,722	49,588	52,336
30	34,800	40,256	43,773	46,979	50,892	53,672
40	45,616	51,805	55,758	59,342	63,691	66,766
50	56,334	63,167	67,505	71,420	76,154	79,490
60	66,981	74,397	79,082	83,298	88,379	91,952
70	77,577	85,527	90,531	95,023	104,43	104,22
80	88,130	96,578	101,88	106,63	112,33	116,32
90	98,650	107,57	113,15	118,14	124,12	128,30
100	109,14	118,50	124,34	129,56	135,81	140,17

3-Ilova

Extimollar integrali

$$\Phi(t) = \left(\sqrt{2\pi}\right)^{-1} \cdot \int_{-t}^{t} \exp\left(-t^2/2\right) dt$$

Normal taqsimotga bo‘ysunadigan tasodifiy o‘zgaruvchi t ning simmetrik interval $[-t_0; t_0]$ ichidagi ehtimoli

t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,0000	0,0080	0,0159	0,0239	0,0319	0,0399	0,0478	0,0558	0,0638	0,0717
0,1	0,0797	0,0876	0,0955	0,1034	0,1113	0,1192	0,1271	0,1350	0,1428	0,1507
0,2	0,1585	0,1663	0,1741	0,1819	0,1897	0,1974	0,2051	0,2128	0,2205	0,2282
0,3	0,2358	0,2434	0,2510	0,2586	0,2661	0,2737	0,2812	0,2886	0,2960	0,3035
0,4	0,3108	0,3182	0,3255	0,3328	0,3401	0,3473	0,3545	0,3616	0,3688	0,3759
0,5	0,3829	0,3900	0,3969	0,4039	0,4108	0,4177	0,4245	0,4313	0,4381	0,4448
0,6	0,4515	0,4581	0,4647	0,4713	0,4778	0,4843	0,4908	0,4971	0,5035	0,5098
0,7	0,5161	0,5223	0,5285	0,5346	0,5407	0,5468	0,5527	0,5587	0,5646	0,5705
0,8	0,5763	0,5821	0,5878	0,5935	0,5991	0,6047	0,6102	0,6157	0,6211	0,6265
0,9	0,6319	0,6372	0,6424	0,6476	0,6528	0,6579	0,6629	0,6680	0,6729	0,6778
1,0	0,6827	0,6875	0,6923	0,6970	0,7017	0,7063	0,7109	0,7154	0,7199	0,7243
1,1	0,7287	0,7330	0,7373	0,7415	0,7457	0,7499	0,7539	0,7580	0,7620	0,7660
1,2	0,7699	0,7737	0,7775	0,7813	0,7850	0,7887	0,7923	0,7959	0,7994	0,8030
1,3	0,8064	0,8098	0,8132	0,8165	0,8197	0,8230	0,8262	0,8293	0,8324	0,8355
1,4	0,8385	0,8415	0,8444	0,8473	0,8501	0,8529	0,8557	0,8584	0,8611	0,8638
1,5	0,8664	0,8689	0,8715	0,8740	0,8764	0,8789	0,8812	0,8836	0,8859	0,8882
1,6	0,8904	0,8926	0,8948	0,8969	0,8990	0,9011	0,9031	0,9051	0,9070	0,9090
1,7	0,9109	0,9127	0,9146	0,9164	0,9178	0,9199	0,9216	0,9233	0,9249	0,9266
1,8	0,9281	0,9297	0,9312	0,9328	0,9342	0,9357	0,9371	0,9385	0,9399	0,9412
1,9	0,9426	0,9439	0,9451	0,9464	0,9476	0,9488	0,9500	0,9512	0,9523	0,9534
2,0	0,9545	0,9556	0,9566	0,9576	0,9586	0,9596	0,9606	0,9616	0,9625	0,9634
2,1	0,9643	0,9651	0,9660	0,9668	0,9676	0,9684	0,9692	0,9700	0,9707	0,9715
2,2	0,9722	0,9729	0,9736	0,9742	0,9749	0,9756	0,9762	0,9768	0,9774	0,9780
2,3	0,9786	0,9791	0,9797	0,9802	0,9807	0,9812	0,9817	0,9822	0,9827	0,9832
2,4	0,9836	0,9840	0,9845	0,9849	0,9853	0,9857	0,9861	0,9865	0,9869	0,9872
2,5	0,9876	0,9879	0,9883	0,9886	0,9890	0,9892	0,9895	0,9898	0,9901	0,9904
2,6	0,9907	0,9910	0,9912	0,9915	0,9917	0,9920	0,9922	0,9924	0,9926	0,9928
2,7	0,9931	0,9933	0,9935	0,9937	0,9939	0,9940	0,9942	0,9944	0,9946	0,9947
2,8	0,9949	0,9950	0,9952	0,9954	0,9955	0,9956	0,9958	0,9959	0,9960	0,9962
2,9	0,9963	0,9964	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972
3,0	0,9973	0,9974	0,9975	0,9976	0,9976	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980

Styudent kriteriyasining qiymati (t-kriteriya)

d.f. erkinlik darajasi	α -ahamiyatlilik darajasi					
	0,3	0,2	0,1	0,05	0,01	0,001
1	0,727	1,376	3,078	6,314	31,82	318,3
2	0,617	1,061	1,886	2,920	6,965	22,33
3	0,584	0,978	1,638	2,353	4,541	10,22
4	0,569	0,941	1,533	2,132	3,747	7,173
5	0,559	0,920	1,476	2,015	3,365	5,894
6	0,553	0,906	1,440	1,943	3,143	5,208
7	0,549	0,896	1,415	1,895	2,998	4,785
8	0,546	0,889	1,397	1,860	2,896	4,501
9	0,543	0,883	1,383	1,833	2,821	4,297
10	0,542	0,879	1,372	1,812	2,764	4,144
11	0,540	0,876	1,363	1,796	2,718	4,025
12	0,539	0,873	1,356	1,782	2,681	3,930
13	0,538	0,870	1,350	1,771	2,650	3,852
14	0,537	0,868	1,345	1,761	2,624	3,787
15	0,536	0,866	1,341	1,753	2,602	3,733
16	0,535	0,865	1,337	1,746	2,583	3,686
17	0,534	0,863	1,333	1,740	2,567	3,646
18	0,534	0,862	1,330	1,734	2,552	3,610
19	0,533	0,861	1,328	1,729	2,539	3,579
20	0,533	0,860	1,325	1,725	2,528	3,552
21	0,532	0,859	1,323	1,721	2,518	3,527
22	0,532	0,858	1,321	1,717	2,508	3,505
23	0,532	0,858	1,319	1,714	2,500	3,485
24	0,531	0,857	1,318	1,711	2,492	3,467
25	0,531	0,856	1,316	1,708	2,485	3,450
26	0,531	0,856	1,315	1,706	2,479	3,435
27	0,531	0,855	1,314	1,703	2,473	3,421
28	0,530	0,855	1,313	1,701	2,467	3,408
29	0,530	0,854	1,311	1,699	2,462	3,396
30	0,530	0,854	1,310	1,697	2,457	3,385
40	0,529	0,851	1,303	1,984	2,423	3,307
50	0,528	0,849	1,299	1,676	2,403	3,261
60	0,527	0,848	1,296	1,671	2,390	3,232
80	0,527	0,846	1,292	1,664	2,374	3,195
100	0,526	0,845	1,290	1,660	2,365	3,174
200	0,525	0,843	1,286	1,653	2,345	3,131
500	0,525	0,842	1,283	1,648	2,334	3,107
∞	0,524	0,842	1,282	1,645	2,326	3,090

5-Ilova

Fisher kriteriyasi qiymati (F-kriteriya)

Qiymatlar α=0,05 qiymatlar darajasi uchun keltirilgan

$d.f_2$	$d.f_1$									
	1	2	3	4	5	6	8	12	24	∞
1	161,4	199,5	215,7	224,6	230,2	234,0	238,9	243,9	249,0	254,3
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,37	19,41	19,45	19,50
3	10,13	9,557	9,277	9,117	9,013	8,941	8,845	8,744	8,638	8,526
4	7,709	6,944	6,591	6,388	6,256	6,163	6,041	5,912	5,774	5,628
5	6,608	5,786	5,409	5,192	5,050	4,950	4,818	4,678	4,527	4,365
6	5,987	5,143	4,757	4,534	4,387	4,284	4,147	4,000	3,841	3,669
7	5,591	4,737	4,347	4,120	3,972	3,866	3,726	3,575	3,410	3,230
8	5,318	4,459	4,066	3,838	3,688	3,581	3,438	3,284	3,115	2,928
9	5,117	4,256	3,863	3,633	3,482	3,374	3,230	3,073	2,900	2,707
10	4,965	4,103	3,708	3,478	3,326	3,217	3,072	2,913	2,737	2,538
11	4,844	3,982	3,587	3,357	3,204	3,095	2,948	2,788	2,609	2,404
12	4,747	3,885	3,490	3,259	3,106	2,996	2,849	2,687	2,505	2,296
13	4,667	3,806	3,411	3,197	3,025	2,915	2,767	2,604	2,420	2,206
14	4,600	3,739	3,344	3,112	2,958	2,848	2,699	2,534	2,349	2,131
15	4,543	3,682	3,287	3,056	2,901	2,790	2,641	2,475	2,288	2,066
16	4,494	3,634	3,239	3,007	2,852	2,741	22,591	2,425	2,235	2,010
17	4,451	3,592	3,197	2,965	2,810	2,699	2,548	2,381	2,190	1,960
18	4,414	3,555	3,160	2,928	2,773	2,661	2,510	2,342	2,150	1,917
19	4,381	3,522	3,127	2,895	2,740	2,628	2,477	2,308	2,114	1,878
20	4,351	3,493	3,098	2,866	2,711	2,599	2,447	2,278	2,082	1,843
21	4,325	3,467	3,077	2,840	2,685	2,573	2,420	2,250	2,054	1,811
22	4,301	3,443	3,049	2,817	2,661	2,549	2,397	2,226	2,028	1,783
23	4,279	3,422	3,028	2,796	2,640	2,528	2,375	2,204	2,005	1,757
24	4,260	3,403	3,009	2,777	2,621	2,508	2,355	2,183	1,984	1,733
25	4,242	3,385	2,991	2,759	2,603	2,490	2,337	2,165	1,964	1,711
26	4,225	3,369	2,975	2,743	2,587	2,474	2,321	2,148	1,946	1,691
27	4,210	3,354	2,960	2,728	2,572	2,459	2,305	2,132	1,930	1,672
28	4,196	3,340	2,947	2,714	2,558	2,445	2,291	2,118	1,915	1,654
29	4,183	3,328	2,934	2,701	2,545	2,432	2,278	2,104	1,901	1,638
30	4,171	3,316	2,922	2,690	2,534	2,421	2,266	2,092	1,887	1,622
40	4,085	3,232	2,839	2,606	2,449	2,336	2,180	2,003	1,793	1,509
60	4,001	3,150	2,758	2,525	2,368	2,254	2,097	1,917	1,700	1,389
120	3,920	3,072	2,680	2,447	2,290	2,175	2,016	1,834	1,608	1,254
∞	3,841	2,996	2,605	2,372	2,214	2,098	1,938	1,752	1,517	1,000

6-Ilova

Koxren kriteriyasi qiymatlari (G-kriteriya)

Qiymatlar α=0,05 qiymatlar darajasi uchun keltirilgan

$d.f_2$	$d.f_1$							
	1	2	3	4	5	6	7	8
2	0,9985	0,9750	0,9392	0,9057	0,8772	0,8534	0,8332	0,8159
3	0,9669	0,8709	0,7977	0,7457	0,7771	0,6771	0,6530	0,6333
4	0,9065	0,7679	0,7841	0,6287	0,5895	0,5598	0,5365	0,5175
5	0,8412	0,6838	0,5981	0,5441	0,5665	0,4783	0,4564	0,4387
6	0,7808	0,6161	0,5321	0,4803	0,4447	0,4184	0,3980	0,3817
7	0,7271	0,5612	0,4800	0,4307	0,3974	0,3726	0,3535	0,3384
8	0,6798	0,5157	0,4377	0,3910	0,3595	0,3362	0,3185	0,3040
9	0,6385	0,4775	0,4027	0,3584	0,3286	0,3067	0,2901	0,2768
10	0,6020	0,4450	0,3733	0,3311	0,3029	0,2823	0,2666	0,2541
12	0,5410	0,3924	0,3264	0,2880	0,2624	0,2439	0,2299	0,2187

7-Ilova

Tasodifiy sonlar jadvali

56	66	25	32	38	64	70	26	27	67	77	40	04	34	63	98	99	89	31	16	12	90	50	28	96
88	40	52	02	29	82	69	34	50	21	74	00	91	27	52	98	72	03	45	65	30	89	71	45	91
87	63	88	23	62	51	07	69	59	02	89	49	14	98	53	41	92	36	07	76	85	37	84	37	47
32	25	21	15	08	82	34	57	57	35	22	03	33	48	84	37	37	29	38	37	89	76	25	09	69
44	61	88	23	13	01	59	47	64	04	99	59	96	20	30	87	31	33	69	45	58	48	00	83	48
94	44	08	67	79	41	61	41	15	60	11	88	83	24	82	24	07	78	61	89	42	58	88	22	16
13	24	40	09	00	65	46	38	61	12	90	62	41	11	59	85	18	42	61	29	88	76	04	21	80
78	27	84	05	99	85	75	67	80	05	57	05	71	70	31	31	99	99	06	96	53	99	25	13	63
42	39	30	02	34	99	46	68	45	15	19	74	15	50	17	44	80	19	86	38	40	45	82	13	44
04	52	43	96	38	13	83	80	72	34	20	84	56	19	49	59	14	85	42	99	71	16	34	33	79
82	85	77	30	16	69	32	46	46	30	84	20	68	72	98	94	62	63	59	44	00	89	06	15	87
38	48	84	88	24	58	46	48	60	06	90	08	83	83	98	40	90	88	25	26	85	74	55	80	85
91	19	05	68	22	58	04	63	21	16	23	38	25	43	32	98	94	65	35	35	16	91	07	12	43
54	81	87	21	31	40	46	17	62	63	99	71	14	12	64	51	68	50	60	78	22	69	51	98	37
65	43	75	12	91	20	36	25	57	92	33	65	95	48	75	00	06	65	25	90	16	29	34	14	43
49	98	71	31	80	59	57	32	43	07	85	06	64	75	27	29	17	06	11	30	78	70	97	87	21
03	98	68	89	39	71	87	32	14	99	42	10	25	37	30	08	27	75	43	97	54	20	69	93	50
56	04	21	34	92	89	81	52	15	12	84	11	12	66	87	48	21	06	86	08	35	39	52	28	09
48	09	36	95	20	82	95	36	53	89	92	68	50	88	17	37	92	02	23	43	63	24	69	80	90
23	97	10	96	57	74	07	95	26	44	93	08	43	30	41	86	45	74	33	78	84	33	38	76	73
43	97	55	45	98	35	68	45	96	80	46	36	99	96	33	60	20	73	30	79	17	19	03	47	28
40	05	08	50	79	89	58	19	86	48	27	98	99	24	08	94	19	15	81	29	82	14	35	88	03
66	97	10	69	02	25	36	43	71	76	00	67	56	12	69	07	89	55	63	31	50	72	20	33	36
15	62	38	72	92	03	76	09	30	75	77	80	04	24	54	67	60	10	79	26	21	60	03	48	14
77	21	15	14	47	55	24	22	20	55	36	93	67	69	37	72	22	43	46	32	56	15	75	25	12
18	87	05	09	96	46	14	72	41	46	12	67	46	72	08	59	06	17	49	12	73	28	23	59	48
08	58	53	63	13	07	04	48	71	39	07	46	96	40	20	86	79	11	81	74	11	15	23	17	45
16	07	79	57	61	42	19	68	15	12	60	21	59	12	07	04	99	88	22	39	75	16	69	13	84

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Xolmatov, A. M., & Karimov, R. T. *Ilmiy-tadqiqot metodologiyasi asoslari*. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2020. – 280 b.
2. Zokirov, S. O. *Qishloq xo‘jaligi mexanizatsiyasida tajribalarni tashkil qilish va natijalarni qayta ishlash*. – Toshkent: TIQXMMI, 2018. – 240 b.
3. Montgomery, D. C.*Design and Analysis of Experiments*. – 10th ed. – Wiley, 2019. – 752 p.
4. Box, G. E. P., Hunter, J. S., & Hunter, W. G. *Statistics for Experimenters: Design, Innovation, and Discovery*. – 2nd ed. – Wiley, 2005. – 664 p.
5. Демиденко, Е. З. *Планирование эксперимента в исследованиях селскохозяйственных процессов*. – Москва: Колос, 2016. – 352 с.
6. Мищенко, В. А., & Ляшенко, Г. А. *Методы обработки эксперименталных данных*. – Киев: Вища школа, 2014. – 415 с.
7. Ashirbekov I.A., Gorlova I.G. *Agroinjeneriyada ilmiy tadqiqot*. – Toshkent, 2008y. -319b.
8. Abdazimov A.D. *Eksperimentni rejalashtirish va statistik tahlil. I-qism. Eksperimentni tayyorlash va rejalashtirish asoslari* [Matn]: darslik. Toshkent: «Innovatsion rivojlanish nashriyot-matbaa uyi», 2023. - 208 b.
9. Abdazimov A.D. *Eksperimentni rejalashtirish va statistik tahlil. II-qism. Eksperiment natijalarini statistic tahlili asoslari* [Matn]: darslik. Toshkent: «Innovatsion rivojlanish nashriyot-matbaa uyi», 2024. - 220 b.
10. Аугамбаев М.А., Иванов А.З., Терехов Ю.И. Основы планирования научно - исследовательского эксперимента. Т.: Ўқитувчи, 1993, - 336 с.
11. Montgomery S.Douglas. Design and analysis of experiments. 5th ed.USA Wiley & Sons, 2010. ISBN 0-471-31649-0
12. Douglas C. Montgomery *Design and Analysis of Experiments* (10-nashr). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2019. – 752 p. ISBN: 978-1-119-49244-3.

MUNDARIJA

Kirish

I BOB. ILMIY-TADQIQOT USULLARI VA EKSPERIMENTAL REJALASHTIRISH FANINING MAQSADI, VAZIFALARI VA ASOSIY TUSHUNCHALARI

1.1-§. Fanning rivojlanish tarixi……... 5
1.2-§. Ilmiy-tadqiqot usullari va eksperimental rejalashtirish fanining maqsadi…… 6
1.3-§. Ilmiy-tadqiqot usullari va eksperimental rejalashtirish fanining vazifalari…….. 8
1.4-§. Ilmiy-tadqiqot usullari va eksperimental rejalashtirish fanining trukturasi…… 10
1.5-§. Ilmiy-tadqiqot usullari va eksperimental rejalashtirish fanining asosiy tushunchalari…… 13
1.6-§. Ilmiy-tadqiqot usullari va eksperimental rejalashtirish fanida ilmiy faoliyatning o‘rganish bosqichlari…… 16
1.7-§. “Kuzatish – nazariya – eksperiment” tizimi ilmiy tadqiqotda…… 18

II BOB. ILMNING TIZIMLIK TAVSIFI. MASHINALARNING “YASHASH” SIKLI VA INNOVATSION FAOLIYAT

2.1-§. Ilmning tizimlik tavsifi…… 23
2.2-§. Mashinalarning “yashash” sikli…… 25
2.3-§. Innovatsion faoliyatning ahamiyati…… 28

2.4-§. Ilmiy bilimlar klassifikatsiyasi va faoliyat xususiyatlari..... 31

III BOB. ILMIY TADQIQOT METODOLOGIYASI ASOSLARI

3.1-§. Ilmiy bilim tushunchasi…… 35

3.2-§. Ilmiy bilimning turlari……. 37

3.3-§. Tadqiqot metodologiyasi va metodikasi…… 38

3.4-§. Tadqiqot metodologiyasi va metodika farqi (qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash misolida)…… 39

3.5-§. Ilmiy faoliyatning bosqichlari…… 41

IV BOB. EKSPERIMENT REJASI HAQIDA TUSHUNCHA

4.1-§. Eksperimentlar klassifikatsiyasi…… 44

4.2-§. Tadqiqot ob’ektining matematik modeli…… 47

4.3-§. Eksperimental tadqiqotlarni o‘tkazishning asosiy bosqichlari…….. 51

4.4-§. Eksperiment masalalarining klassifikatsiyasi…… 52

4.5-§. Optimallashtirish parametrlari……. 54

4.6-§. Omillar (faktorlar)……... 57

V BOB. FIZIK KATTALIKLARNI O‘LCHASH

5.1-§. Fizik kattaliklar…… 65

5.2-§. O‘lchash nazariyasining asosiy tushunchalari…… 70

5.3-§. O‘lchash usullari…… 71

5.4-§. O‘lchash xatolari…… 74

5.5-§. O‘lchash natijasi va xatolarini shakllantirishning matematik modeli…….. 77

5.6-§. O‘lchash natijalarini taqdim etish qoidalari va shakllari..... 79
VI BOB. MATEMATIK STATISTIKA ELEMENTLARI
6.1-§. Tasodifiy kattaliklar va ularning xarakteristikalari…… 83
6.2-§. Tasodifiy kattaliklarning taqsimot qonunlari…… 85
6.3-§. Tanlanma va uning xarakteristikalari…… 89
6.4-§. Statistik gipotezalarni tekshirish……. 94
6.5-§. Taqsimot qonuni haqidagi gipotezani tekshirish……. 98
6.6-§. Eksperimental ma’lumotlarning normal taqsimot qonuni bo‘yicha tekshirish misoli……..…… 102
6.7-§ Parametrik gipotezalarni tekshirish…….…….. 105
VII BOB. DISPERSIYA TAHLILI ELEMENTLARI
7.1-§. Umumiy ma’lumotlar…….. 111
7.2-§. Bir omilli dispersiya tahlilini qo‘llash misoli…… 115
VIII BOB. KORRELYATSIYA VA REGRESSIYA TAHLILI
8.1-§. Statistik va korrelyatsion bog‘lanish haqida tushuncha. 118
8.2-§. Korrelyatsiya-regressiya tahlilini qo‘llash shartlari va masalalari……... 121
8.3-§. Juft chiziqli korrelyatsiya…… 124
8.4-§. Korrelyatsion bog‘lanishni statistik o‘rganish…… 126
8.4.1. Boshlang‘ich ma’lumotlarni to‘plash, uning oddiyligi va normal taqsimlanishini tekshirish …… 126
8.4.2. Boshlang‘ich ma’lumotlar massividan xato qiymatlarni chiqarish ……. 127
8.4.3. Natija va faktor belgilari o‘rtasida korrelyatsion bog‘liqlikni aniqlash va uning yo‘nalishini belgilash 128

8.4.4. Bog‘lanish zichligi darajasini o‘lchash, uning ahamiyatliligini baholash…… 129
8.4.5. Bog‘lanish modeli tuzish……..... 132
8.4.6. Korrelyatsiya-regressiya tahlilini qo‘llash misoli…… 135
IX BOB. KO‘P OMILLI EKSPERIMENTLAR
9.1-§. Umumiy ma’lumotlar 142
9.2-§. Omillarni kodlash…… 145
9.3-§. Eksperiment rejalashtirish matritsalari…… 146
9.4-§. Tajribalarni tasodifiylashtirish (randomizatsiya)……. 149
9.5-§. Eksperiment o‘tkazish…… 150
9.6-§. Parallel tajribalar dispersiyasining bir xilligini, eksperimentning takrorlanuvchanligini tekshirish…….. 151
9.7-§. Regressiya koeffitsientlarini hisoblash va ularning ahamiyatliligini tekshirish…… 153
9.8-§. Modelning adekvatligini tekshirish…… 158
X BOB. QISQARTIRILGAN FAKTORLI EKSPERIMENT
10.1-§. Umumiy ma’lumotlar……..... 162
10.2-§. Qisqartirilgan faktorli eksperimentlarni rejalashtirish … 163
10.3-§. Birinchi tartib rejalarini qo‘llash misoli…… 170
ILOVALAR……..... 177
ADABIYOTLAR RO‘YXATI……. 183

O‘QUV ADABIYOTINING NASHR RUXSATNOMASI

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021-yil 24-dekabrdagi PQ-60-son qaroriga asosan Toshkent davlat agrar universitetining 2026-yil 20-yanvardagi 1-9-6/15-sonli buyrug‘i bo‘yicha

Z.J. Xudayarov, X.D. Irisov, S.S. Nurmanov, M.R.Djiyanov

(Muallifning familiyasi, ismi, sharifi)

70810101-Qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalashtirish

(Ta'lim yo 'nalishi (mutaxassisligi))

_____ning

talabalari (o‘quvchilari) uchun tavsiya etilgan

Ilmiy-tadqiqot usullari va eksperimental rejalashtirish

(o‘quv adabiyotlarining nomi va turi: darslik, o‘quv qo‘llanma)

_____ga

O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi tomonidan litsenziya berilgan nashriyotlarda nashr etishga ruxsat beriladi.

Rektor _____ N.Oblomuradov

(imzo)

M.O‘

Ro‘yxatga olish raqami **15/8**

20.01.2026-yil.

XUDAYAROV Z.J., IRISOV X.D., DJIYANOV M.R., NURMANOV S.S.

ILMIY-TADQIQOT USULLARI VA EKSPERIMENTAL REJALASHTIRISH

(O‘quv qo‘llanma)

Bosisga 20.01.2026 yilda ruxsat etildi.

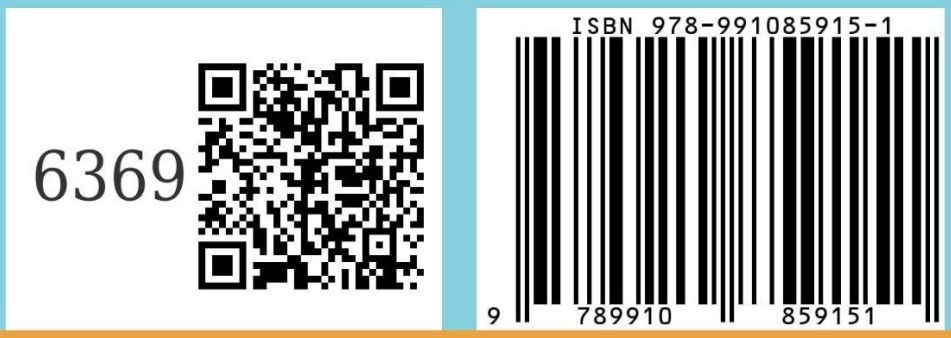
Bichish 60x84 1/16. Raqamli bosma usuli.

“Temes New Roman” garniturasi.

Bosma tobog’i 11,75. Adadi 100 nusxa.

“AKTIV PRINT” nashiriyotida chop etildi.

100054. Toshkent shaxri, Chilonzar 25, Lutfiy ko’chasi, 1-a uy.


6369
ISBN 978-991085915-1
9 789910 859151