

AMALIY EKONOMETRIKA

I.SHADMANOV, J.QULJANOV, U.RAXIMOVA

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY TA’LIM, FAN VA INNOVASIYALAR VAZIRLIGI

SAMARQAND IQTISODIYOT VA SERVIS INSTITUTI

Samarqand iqtisodiyot va servis institutining
95 yilligiga bag‘ishlanadi

I.SHADMANOV, J.QULJANOV, U.RAXIMOVA

AMALIY EKONOMETRIKA

DARSLIK

Samarqand – 2025

UO‘K: 519.862.6(075)
Sh 74
KBK: 22.174(5O‘z)ya73

I.Shadmanov, J.Quljanov, U.Raximova

AMALIY EKONOMETRIKA *[Matn]:* ***Darslik*** */ Samarqand iqtisodiyot va servis instituti – Samarqand.: “STEP-SEL” MCHJ nashriyoti, 2025 - 150 bet.*

“Amaliy ekonometrika” darsligi bakalavr va magistr darajalaridagi talabalarni, shuningdek iqtisodiyot, moliya va menejment sohalari mutaxassislarini qayta tayyorlash uchun mo‘ljallangan. Ushbu fan statistik ma’lumotlarga asoslanib, iqtisodiy-matematik modellarni kompyuter texnologiyalari yordamida qurish va sozlashning turli usullarini o‘z ichiga oladi. Kurs davomida juft va ko‘p o‘zgaruvchili chiziqli va chiziqsiz regressiya modellari, narxlarni prognozlash, fond bozorida qimmatli qog‘ozlarning optimal portfelini shakllantirish, shuningdek bir nechta tenglamalardan tashkil topgan makroiqtisodiy modellar chuqur o‘rganiladi.

Model parametrlarining aniqligini baholashga alohida e’tibor qaratiladi, jumladan Monte-Karlo simulyatsiyasi kabi zamonaviy statistik usullar bilan ishlash ko‘nikmalari rivojlantiriladi. Kurs materiallari, shuningdek, Scopus, Web of Science va Google Scholar kabi xalqaro ilmiy platformalarda ekonometrik tadqiqotlar olib borish va ilmiy maqolalar tayyorlash jarayonida qo‘llash imkoniyatlarini qamrab oladi. Bu esa tadqiqotchilarga empirik tahlillarni mustaqil amalga oshirish va natijalarni global miqyosda taqdim etishda samarali yondashuvlarni egallashga yordam beradi.

Ma’sul muharrir: Z.Artikov, Samarqand iqtisodiyot va servis instituti, “Real iqtisodiyot” kafedrasi mudiri, dotsent.

Taqrizchilari:

X.Q.Qarshiboyev-fizika-matematika fanlari nomzodi, dotsent.
A.Usmonov, fizika-matematika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD), dotsent.

Darslik institut Kengashining 2025-yil 27-Noyabrdagi majlisida muhokama qilingan va nashrga tavsiya etilgan. (4-sonli majlis bayoni, Ro‘xatga olish raqami 317-27/11).

ISBN: 978-9910-225-27-7

© I.Shadmanov va b., SamISI. 2025 y.
© “STEP-SEL” MChJ nashryoti. 2025 y.

KIRISH

Bozor iqtisodiyoti sharoitida har qanday davlatning iqtisodiy rivojlanish darajasi, avvalo, iqtisodiy jarayonlarni tahlil qilish, ularning ichki qonuniyatlarini aniqlash va kelajakdagi tendensiyalarini oldindan bashorat qilish qobiliyatiga bog'liqdir. Shu nuqtayi nazardan, iqtisodiy hodisalarni miqdoriy jihatdan baholash, iqtisodiy nazariyalarni empirik tekshirish va iqtisodiy siyosatni asoslashda ekonometrika fani muhim ilmiy-amaliy o'rin tutadi.

Ekonometrika — bu iqtisodiy nazariya, matematika va statistikani o'zaro uyg'unlashtirgan fan bo'lib, u iqtisodiy bog'lanishlarni aniqlash, modellashtirish, tahlil qilish va prognozlash imkonini beradi. Uning asosiy maqsadi — iqtisodiy hodisalar o'rtasidagi sabab-oqibat aloqalarini aniqlash va bu aloqalarni miqdoriy ko'rinishda ifodalashdir. Bugungi kunda iqtisodiy tadqiqotlarning deyarli barchasi ekonometrik modellashtirish usullariga tayanadi.

Amaliy ekonometrika fanining dolzarbligi

So'nggi yillarda O'zbekiston iqtisodiyotida bozor mexanizmlarini takomillashtirish, innovatsion rivojlanish va raqamli iqtisodiyotga o'tish jarayonlari jadallashmoqda. Bu esa iqtisodiy tahlilda yangi yondashuvlar, zamonaviy modellash vositalari va tahlil texnologiyalarini qo'llash zaruratini kuchaytirmoqda. Shu nuqtada amaliy ekonometrika fani o'ta muhim o'rin egallaydi.

Amaliy ekonometrika — bu nazariy bilimlarni real iqtisodiy ma'lumotlar asosida sinovdan o'tkazish, modellarni baholash va ularni amaliy qarorlar qabul qilishda qo'llash imkonini beruvchi yo'nalishdir. U iqtisodiyotdagi turli jarayonlarni (iste'mol, ishlab chiqarish, investitsiya, mehnat bozori, makroiqtisodiy o'sish va boshqalar) modellashtirish orqali ularning rivojlanish qonuniyatlarini aniqlashga xizmat qiladi.

Mazkur darslikning yaratilishidan maqsad — talabalarga, tadqiqotchilarga va iqtisodiy tahlilchilar uchun amaliy ekonometrikaning nazariy asoslari, amaliy qo'llanilishi haqida zamonaviy tahlil usullarini tizimli tarzda bayon etishdir. Darslikda [illegible] nazariy tushunchalar

SAMARQAND IQTISODIYOT VA SERVIS INSTITUTI
AXBOROT RESURS MARKAZI
№ 74470

balki real statistik ma'lumotlar asosida misollar, hisob-kitoblar va dasturiy vositalarda (EViews, Stata, R, Python) bajariladigan amaliy tahlillar ham keltirilgan.

Darslikning mazmuni va tuzilishi

Darslik 15 ta asosiy mavzudan tashkil topgan bo‘lib, unda iqtisodiy tahlilning eng muhim modellari, metodlari va ularning amaliy qo‘llanish imkoniyatlari izchil yoritilgan.

1-bob. “Amaliy ekonometrikaga kirish” bobida ekonometrika fanining shakllanish tarixi, uning asosiy maqsadi va vazifalari, amaliy hamda nazariy yo‘nalishlar o‘rtasidagi farqlar, shuningdek, amaliy ekonometrik tahlilning asosiy bosqichlari bayon etiladi. Unda model tuzish, parametrlarni baholash, natijalarni tekshirish va ularni iqtisodiy mazmunda talqin qilish jarayonlari izohlanadi.

2-bob. “Iqtisodiyotda chiziqli modellar va balans tizimlari” Leontevning kirish-chiqish (input-output) modeli misolida iqtisodiyotdagi tarmoqlararo bog'lanishlarni modellashtirishga bag'ishlangan. Bu model orqali iqtisodiyotning muvozanat holatini, resurslardan foydalanish samaradorligini va xarajat koeffitsiyentlarini hisoblash usullari o‘rganiladi.

3– bob iste'molchi va ishlab chiqaruvchi xatti-harakatlarini modellashtirishga qaratilgan. Bunda foydalilik funksiyasi, iste'molchi tanlovi, o‘rnini bosuvchi tovarlar, daromad va narx ta'siri kabi tushunchalar tahlil qilinadi. Ishlab chiqarish jarayonini matematik modellashtirish, ishlab chiqarish funksiyalarining turlari (Kobb-Duglas, CES, Leontief) va ularning xossalari yoritiladi.

“Ishlab chiqarish funksiyalari asosida iqtisodiy o‘sishni tahlil qilish” 4-bob iqtisodiy o‘sish va barqarorlik masalalarini ekonometrik nuqtayi nazardan o‘rganishga bag'ishlangan. Bu bobda ishlab chiqarish funksiyalari yordamida iqtisodiy o‘sishni tahlil qilish, talab va taklif modellari, hamda barqaror o‘sishni baholovchi modellar keltirilgan.

“Panellar va endogenlik: zamonaviy regressiya usullari” 5-bob zamonaviy empirik tahlillarning muhim qismi bo‘lgan panel ma'lumotlar va instrumental o‘zgaruvchilar usullariga bag'ishlangan. Panel regressiya modellari (fiksirlangan va tasodifiy effektli modellar),

endogenlik muammosi va uni ikki bosqichli eng kichik kvadratlar (2SLS) usuli orqali hal etish metodikasi keng yoritiladi.

6-bob. “Nochiziqi va ixtisoslashgan modellar” binar va cheklangan tanlovli o‘zgaruvchilar asosida qaror qabul qilish modellarini o‘rganishga bag’ishlangan. Bu bobda maksimal ehtimollik usuli, gipoteza sinovlari hamda Tobit modeli orqali burchak yechimlari tahlil qilinadi. Ham bu bobda lagli modellar, kointegratsiya, xatolarni tuzatish modellari, trend va mavsumiylik tushunchalari, prognozlash usullari keltirilgan. Vaqt qatorlarini avtoregressiv va siljigan o‘rtacha modellar orqali prognozlash metodlari, o‘zgaruvchan dispersiyaga ega moliyaviy vaqt qatorlarini tahlil qilish usullari yoritilgan.

7-boblar iqtisodiy o‘zgaruvchilar o‘rtasidagi sabab-oqibat bog’liqliklarni aniqlash, taqsimlangan lagli modellar, Almon va Koyk modellari, adaptiv kutishlar yondashuvi orqali dinamik ekonometrik tahlillarni amalga oshirishga bag’ishlangan. Ushbu modellar iqtisodiy siyosat chora-tadbirlarining uzoq muddatli ta’sirini baholashda keng qo‘llaniladi.

Darslikning ilmiy-amaliy ahamiyati

Ushbu darslik nafaqat amaliy tahlil vositasi, balki iqtisodiy nazariyalarni empirik asoslash uchun zarur manba hisoblanadi. Talabalar darslikni o‘zlashtirish jarayonida:

- real iqtisodiy ma’lumotlar asosida model tuzish;
- regressiya tahlili, vaqt qatori tahlili va panel ma’lumotlar modellari bilan ishlash;
- dasturiy paketlarda (EViews, Stata, R, Python) ekonometrik tahlillarni bajarish;
- model natijalarini iqtisodiy mazmunda izohlash;
- olingan natijalar asosida amaliy tavsiyalar ishlab chiqish;

ko‘nikmalariga ega bo‘ladilar.

Xulosa sifatida

Amaliy ekonometrika — bu iqtisodiy fikrlashni raqamli tahlil bilan uyg’unlashtiruvchi fan. Uning yordamida iqtisodiyotdagi murakkab jarayonlar o‘lchovli, tahlil qilinadigan va boshqariladigan holga keladi. Shu boisdan, mazkur darslik talabalarga nafaqat nazariy bilim, balki iqtisodiy muammolarni mustaqil tahlil qilish va ilmiy asoslangan qarorlar ishlab chiqish malakasini beradi.

I BOB. AMALIY EKONOMETRIKAGA KIRISH

1.1-§. Ekonometrikaning maqsadi, vazifalari va rivojlanish bosqichlari

Ekonometrika - bu tez rivojlanayotgan fan bo‘lib, uning maqsadi iqtisodiy jarayonlar va hodisalarning o‘zaro bog‘liqligini miqdoriy ifodalanishni o‘rganish hisoblanadi. Ekonometrikaning butun dunyoda tan olinganligining isboti Robert Frish va Yan Tinberg (1969), Lyudvig Klein (1980), Tomas Xavelmo (1989) va Jon Xekman va Devid Makfadden (2000) ga Nobel mukofotining berilishidir.

Rossiya Fanlar akademiyasi Markaziy iqtisodiyot va matematika instituti direktori akademik V.L.Makarovning so‘zlariga ko‘ra, zamonaviy iqtisodiy ta’lim uchta ustunga asoslanadi: makroiqtisodiyot, mikroiqtisodiyot va ekonometrika. Bozor iqtisodiyoti sharoitida ekonometrik usullarning roli ortadi va sanoat va korxonalar uchun optimallashtirish modellarini qurish o‘z dolzarbligini yo‘qotadi. Ekonometrik usullarni bilmasdan, o‘zgaruvchilarning empirik munosabatlarini o‘rganish va nazariy jihatdan umumlashtirish, shuningdek, bank, moliya va biznesda ishonchli prognozlarni tuzish mumkin emas.

“Ekonometrika” so‘zi ikkita so‘zning birikmasidir: “Ekonomika” va “metrika”. Ba’zi manbalarga ko‘ra, bu atamaning o‘zi 1926-yilda norvegiyalik olim R.Frish tomonidan kiritilgan. Boshqa manbalarga ko‘ra, “ekonometrika” atamasi buxgalter P.S’empa tomonidan 1910-yilda (Avstriya-Vengriya) kiritilgan va foydalangan. Ushbu yangi fanning dastlabki tarafdorlaridan biri J. Shumpeter, bu fanni “ekonometrika” deb atash kerak, deb hisoblagan.

Ekonometrikaning kelib chiqishi iqtisodiyotni o‘rganishga fanlararo yondashuvdan kelib chiqadi. Bu fan uchta fanning o‘zaro ta’siri va birlashishi natijasida paydo bo‘ldi: iqtisodiy nazariya, matematik iqtisodiyot va statistika (ham iqtisodiy, ham matematik). Keyinchalik, hisoblash texnologiyalarining rivojlanishi ekonometrika fanining maxsus sharti sifatida qo‘shildi.

1933-yilda R. Frish tomonidan asos solingan “Econometrika” jurnalida u fanni quyidagicha ta’riflagan: “Ekonometrika iqtisodiy statistika bilan bir xil emas. Shuningdek, u biz iqtisodiy nazariya deb ataydigan narsa bilan ham bir xil emas, garchi bu nazariyaning muhim qismi miqdoriy bo‘lsa ham. Ekonometrika matematikaning iqtisodiyotga qo‘llanilishi bilan sinonim emas. Tajriba shuni ko‘rsatadiki, uchta boshlang‘ich nuqtaning har biri - statistika, iqtisodiy nazariya va matematika - zamonaviy iqtisodiy hayotdagi miqdoriy munosabatlarni tushunish uchun zarur, ammo yetarli bo‘lmagan shartdir. Ekonometrikani tashkil etuvchi uchta komponentning birligidir.”

Shunday qilib, ekonometrika iqtisodiy hodisalar va jarayonlar o‘rtasidagi munosabatlarni miqdoriy jihatdan aniqlaydigan fandir. Bundan tashqari, ba’zilar hozirda ekonometrikaning yagona, umumiy qabul qilingan ta’rifi yo‘qligini ta’kidlaydilar.

Shunday qilib, S. Fisher ekonometrika iqtisodiy o‘zgaruvchilar o‘rtasidagi munosabatlarni o‘lchash uchun statistik usullarni ishlab chiqish va qo‘llash bilan shug‘ullanadigan iqtisodiyot sohasi ekanligini ta’kidladi.

E. Malenvo ekonometrikani “iqtisodiy hodisalarni o‘rganishda matematika va statistik usullarning har qanday qo‘llanilishi” keng tushunchaga ega deb talqin qilgan.

O. Lange ekonometrika iqtisodiy hayotda kuzatiladigan aniq miqdoriy naqshlarni aniqlash va shu maqsadda statistik usullarni qo‘llash bilan shug‘ullanishini yozgan.

S.A. Ayvazyanning fikricha, ekonometrika iqtisodiy nazariya, iqtisodiy statistika va matematik vositalarga asoslangan holda sifat jihatidan munosabatlarning miqdoriy ifodalarini ta’minlashga imkon beradigan bir qator usullar va modellarni birlashmasi

Iqtisodiyot nazariyasining asosiy natijalari sifat xususiyatiga ega, ekonometrika esa ularga empirik mazmun qo‘shadi. Matematik iqtisodiyot iqtisodiy qonunlarni matematik munosabatlar sifatida ifodalaydi, ekonometrika esa bu qonunlarni empirik tarzda sinab ko‘radi. Iqtisodiy statistika o‘rganilayotgan jarayon uchun dastlabki statistik ma’lumotlar va iqtisodiy ko‘rsatkichlar ko‘rinishida axborot ta’minotini

ta’minlaydi, ekonometrika esa an’anaviy matematik-statistik va maxsus ishlab chiqilgan usullardan foydalangan holda ushbu ko‘rsatkichlar o‘rtasidagi miqdoriy munosabatlarni tahlil qiladi.

Iqtisodiy usullarning keng qo‘llanilishiga elektron hisoblash mashinalarining rivojlanishi yordam beradi. Elektron hisoblash mashina ekonometrik paketlari bu usullarni yanada qulay va vizual qildi, chunki turli statistika, parametrlar va xususiyatlarni hisoblash, jadvallar va grafiklar tuzish kabi eng ko‘p mehnat talab qiladigan ish endi asosan kompyuter tomonidan bajariladi.

Ekonometrika fanining predmeti. Bozor iqtisodiyoti biznes faoliyatini tavsiflovchi statistik va iqtisodiy ma’lumotlardan yaxshiroq foydalanishni talab qiladi. Moliyaviy natijalarni shakllantiruvchi turli omillarni hisobga olmasdan turib, axborot bazasini yaratish mumkin emas. Shu bilan birga, ma’lum bir xo‘jalik yurituvchi sub’ektning boshqaruv qarorlariga bevosita bog‘liq bo‘lgan omillarning ta’siri va rahbariyat nazoratidan tashqaridagi omillarning (narxlar, tariflar, soliqlar, inflyatsiya va boshqalar) ta’sirini farqlash maqsadga muvofiqdir.

Ekonometrik modellarda bunday omillarning ta’sirini bartaraf etish va ularning ta’sirini tegishli hisob-kitoblar orqali tavsiflash kelajakda o‘rganilayotgan hodisalar natijalarini aniqroq prognoz qilish imkonini beradi.

Ekonometrik hisob-kitoblar iqtisodiy jarayonlar va hodisalarni yaxshiroq tushunish imkonini beradi, bu esa ishonchli natijalarni shakllantirish va prognozlarni amalga oshirishga yordam beradi. Samaraliroq iqtisodiy ko‘rsatkichlar ya’ni omillar va natijalar o‘rtasidagi turli munosabatlarni tushunishni talab qiladi. Boshqaruv qarorlarini qabul qilishda ushbu munosabatlarni tushunish va ularga shunga mos ravishda ta’sir ko‘rsatish juda muhimdir.

Ekonometrikaning predmeti (iqtisodiy nazariyadagi kabi) iqtisodiy hodisalar sifatida ta’riflanishi mumkin. Biroq, iqtisodiy nazariyadan farqli o‘laroq, ekonometrika bu hodisalarning sifat jihatidan emas, balki miqdoriy jihatlariga urg‘u beradi. Masalan, iqtisodiy nazariya tovar narxi oshishi bilan unga bo‘lgan talab kamayishini ta’kidlaydi, ammo u

qanchalik tez, qanday sharoitlarda va hokazo degan savolga javob bermaydi. Ekonometrika bu savollarga har bir holat bo‘yicha alohida javob beradi.

Shunday qilib, ekonometrikaning predmeti iqtisodiy hodisalar va jarayonlarning rivojlanishini shakllantiruvchi omillar, ekonometrika esa bashorat qilish, iqtisodiy prognozlar va gipotezalarni ishlab chiqishdan iborat.

Ekonometrikaning maqsad va vazifalari. Davlat, tarmoq yoki xo‘jalik subyekti darajasidagi barqaror iqtisodiy rivojlanish boshqaruv qarorlarining ishonchliligi va asoslanganligiga bog‘liqdir. Qaror qabul qilish jarayonini asoslash — ekonometrikaning eng muhim vazifalaridan biridir. Boshqaruv qarorlarini qabul qilish jarayoni ularning ko‘p variantliligi, noaniqlik mavjudligi, har bir variantga ta’sir etuvchi omillarni baholash kabi jihatlarni hisobga olishi lozim. Eng maqbul variant esa ekonometrik hisob-kitoblar orqali tanlanadi. Har bir variant ichida eng yuqori samaradorlikni ta’minlovchi qarorga ustunlik beriladi.

Ekonometrika boshqaruv qarorlarini uzluksiz qabul qilish jarayonini ta’minlaydi, bu esa belgilangan maqsadlarga erishish imkonini beradi. Shu nuqtayi nazardan, ekonometrikaning vazifasi — boshqaruv maqsadlarini aniqlash hamda iqtisodiy jarayonning turli variantlarida ularning amalda qay darajada amalga oshirilayotganini baholashdan iborat. Demak, asosiy vazifa — iqtisodiy samaradorlikka erishish va uni oshirishga yo‘naltirilgan harakatlarni baholashdir.

Bundan tashqari, ekonometrikaning yana bir vazifasi — makro va mikroiqtisodiy omillar rivojlanish yo‘llarini prognoz qilishdir. Prognozli ma’lumotlar iqtisodiy kon’yunkturaga qarab qarorlar qabul qilish imkonini berishi kerak. Bunday qarorlar statistik ma’lumotlarga asoslanadi va ular ekonometrik usullar yordamida qayta ishlanib, umumlashtiriladi.

Shunday qilib, ekonometrikaning asosiy vazifasi — aprior iqtisodiy mulohazalarni empirik mazmun bilan boyitishdir (ya’ni ma’lum sifatli iqtisodiy hodisalarni miqdoriy jihatdan ifodalash).

Ushbu vazifa ta’rifi ekonometrikaning asosiy maqsadi — iqtisodiy qonuniyatlarni empirik jihatdan umumlashtirishga javob beradi.

Amaliy nuqtayi nazardan, ekonometrikaning asosiy vazifalariga quyidagilar kiradi:

Ekonometrik modellarni qurish — ularni matematik shaklda ifodalash, empirik tahlil uchun qulay holga keltirish. Bu masala spesifikatsiya muammosi deb ataladi va bir nechta usullar bilan hal qilinishi mumkin;

Qurilgan model parametrlarini baholash — bu modelning real ma'lumotlarga qanchalik mos kelishini aniqlash imkonini beradi. Ushbu vazifa parametrizatsiya bosqichida amalga oshiriladi;

Model parametrlarining sifatini tekshirish — bu vazifa modelni tasdiqlash (verifikatsiya) bosqichida bajariladi;

Qurilgan modellardan foydalanish — bu vazifa tadqiq qilinayotgan iqtisodiy ko'rsatkichlarning xatti-harakatini tushuntirish, prognoz qilish va iqtisodiy qarorlarni tahlil qilish uchun amalga oshiriladi.

1.2-§. Amaliy ekonometrika va nazariy ekonometrika farqi

Ekonometrika fanining rivojlanishi ikki asosiy yo'nalishda amalga oshadi: nazariy ekonometrika va amaliy ekonometrika. Ular o'zaro bog'liq bo'lsa-da, maqsad, yondashuv va metodologiya jihatidan sezilarli farqlarga ega.

1. *Nazariy ekonometrika*

Nazariy ekonometrika — bu iqtisodiy nazariyalarni matematik va statistik usullar yordamida empirik jihatdan asoslashga qaratilgan fan yo'nalishidir. Nazariy ekonometrikaning asosiy vazifasi quyidagilardan iborat:

- Matematik modellash: iqtisodiy jarayonlar va hodisalarni matematik formulalar, tenglamalar yoki probabilistik modellar orqali ifodalash.
- Statistik baholash usullarini rivojlantirish: regressiya tahlili, vaqt qatori modellar, ko'p omilli tahlil va boshqa metodlarni takomillashtirish.
- Nazariy asoslarni ishlab chiqish: ekonometrik metodlarning ishonchliligi, xatoliklarni baholash, parametrlarni aniqlash metodlari kabi ilmiy asoslarni yaratish.

Nazariy ekonometrika koʻproq ilmiy-tadqiqot yoʻnalishida qoʻllaniladi va amaliy qarorlar qabul qilishdan koʻra, usullar va modellarni ishlab chiqish va ularning matematik xossalarini tekshirishga yoʻnaltirilgan.

2. *Amaliy ekonometrika*

Amaliy ekonometrika esa nazariy bilimlarni real iqtisodiy maʼlumotlar asosida qoʻllashga qaratilgan. Bu yoʻnalishning asosiy vazifalari quyidagilar:

- Iqtisodiy modellarni qurish va baholash: real maʼlumotlar asosida iqtisodiy jarayonlarni modellashtirish, parametrlarni aniqlash va natijalarni talqin qilish.
- Qaror qabul qilishni qoʻllab-quvvatlash: amaliy ekonometrika yordamida iqtisodiy siyosat, investitsiya rejalarini tuzish, ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtirish kabi real muammolarni hal qilish mumkin.
- Prognozlash va tavsiyalar berish: vaqt qatori tahlili, panel maʼlumotlar, instrumental oʻzgaruvchilar va boshqa metodlar yordamida iqtisodiy koʻrsatkichlarni prognozlash va boshqaruv qarorlarini tayyorlash.
- Empirik xulosalar chiqarish: nazariy model natijalarini real iqtisodiy sharoitga moslashtirish va ularning iqtisodiy mazmunini tushuntirish.

Amaliy va nazariy ekonometrika oʻzaro uzviy bogʻliq. Nazariy yondashuvlarsiz amaliy tahlilning ilmiy asoslari yetarli boʻlmaydi, amaliy tadqiqotlar esa nazariy metodlarni sinovdan oʻtkazish va ularni takomillashtirish imkonini beradi. Shu bois, iqtisodiy tahlil va qaror qabul qilish jarayonida har ikki yoʻnalishni uygʻunlashtirish talab etiladi.

3. Farqlarni xulosa qilish

Xususiyat	Nazariy ekonometrika	Amaliy ekonometrika
Maqsad	Metod va modellarni ishlab chiqish, ularni matematik jihatdan tekshirish	Real iqtisodiy muammolarni hal qilish, qaror qabul qilishni qoʻllab-quvvatlash

Asosiy faoliyat	Matematik va statistik tadqiqotlar, usullarni rivojlantirish	Ma’lumotlarni tahlil qilish, parametrlarni baholash, prognozlash
Qo‘llanish sohasi	Ilmiy-tadqiqot yo‘nalishlari	Amaliy iqtisodiy faoliyat, menejment, moliya, ishlab chiqarish
Natija	Yangi metodlar, nazariy xulosalar	Iqtisodiy qarorlar, prognozlar va tavsiyalar

1.3-§. Amaliy ekonometrikaning tarkibiy qismlari

Amaliy ekonometrika — bu iqtisodiy hodisalarni empirik ma’lumotlar asosida modellashtirish, baholash va prognozlashga qaratilgan fan yo‘nalishi. Ushbu yo‘nalishning samarali ishlashi uchun bir nechta tarkibiy qismlardan iborat tizim mavjud bo‘lib, ular o‘zaro uzviy bog‘langan. Amaliy ekonometrikaning asosiy tarkibiy qismlari quyidagilardan iborat:

1. *Iqtisodiy muammolarni aniqlash va tahlil qilish*

Amaliy ekonometrik tahlil iqtisodiy jarayonlarni o‘rganishdan boshlanadi.

Bu bosqichda tadqiq etiladigan masala yoki muammo aniqlanadi, asosiy iqtisodiy ko‘rsatkichlar va ularning o‘zaro bog‘liqligi belgilanadi.

Misol: ishlab chiqarish samaradorligini oshirish, iste’molni prognoz qilish yoki investitsiya loyihasining foydasini baholash.

2. *Ma’lumotlarni yig‘ish va tayyorlash*

Amaliy ekonometrik tahlil empirik ma’lumotlar asosida amalga oshiriladi, shuning uchun ma’lumot yig‘ish muhim tarkibiy qism hisoblanadi.

Ma’lumot manbalari: statistika organlari, korxona hisobotlari, makroiqtisodiy indikatorlar va boshqa nazorat hisobotlar.

Ma’lumotlarni tahlilga tayyorlash bosqichi: tozalash, normallashtirish, kodlash va yetarli formatga keltirish.

3. *Model tuzish (spesifikatsiya)*

Bu bosqichda iqtisodiy jarayonlarni ifodalovchi matematik yoki statistik model tanlanadi.

Model turi: chiziqli va nochiziqli regressiya, vaqt qatori modellari (ARIMA, VAR), panel ma'lumotlar modellari, Logit/Probit va boshqalar.

Maqsad: iqtisodiy hodisalarni raqamli va tushunarli ko'rinishda ifodalash, hamda empirik tekshiruvlar uchun tayyorlash.

4. *Parametrlarni baholash*

Qurilgan modeldagi parametrlar empirik ma'lumotlar asosida baholanadi.

Baholash usullari: eng kichik kvadratlar usuli (OLS), ikki bosqichli eng kichik kvadratlar (2SLS), maksimal ehtimollik usuli (ML) va boshqalar.

Bu bosqich modelning real ma'lumotlarga qanchalik mosligini aniqlash imkonini beradi.

5. *Modelni tekshirish va diagnostika*

Baholangan modelning sifati turli diagnostik testlar yordamida tekshiriladi: multikollinerlik, heteroskedastiklik, avtokorrelyatsiya va normal taqsimot testlari.

Modelning ishonchliligi va prognoz aniqligi baholanadi.

Bu bosqich modelni tasdiqlash (verifikatsiya) deb ham ataladi.

6. *Tahlil va natijalarni talqin qilish*

Model yordamida iqtisodiy jarayonlarning xatti-harakatlari tahlil qilinadi.

Natijalar asosida iqtisodiy xulosalar chiqariladi va qaror qabul qilish uchun tavsiyalar tayyorlanadi.

Misol: iqtisodiy siyosatni optimallashtirish, investitsiya qarorini aniqlash, ishlab chiqarish strategiyasini shakllantirish.

7. *Prognozlash va boshqaruv qarorlarini qo'llash*

Amaliy ekonometrika yordamida kelajakdagi iqtisodiy ko'rsatkichlar prognoz qilinadi.

Prognoz natijalari asosida menejment qarorlari qabul qilinadi.

Shu bosqichda qaror variantlarini taqqoslash, eng samarali strategiyani tanlash amalga oshiriladi.

Amaliy ekonometrikaning tarkibiy qismlari bir-biri bilan uzviy bog'liq bo'lib, ular quyidagi mantiqiy ketma-ketlikni tashkil qiladi:

muammoni aniqlash → ma'lumot yig'ish → model tuzish → parametrlarni baholash → modelni tekshirish → natijalarni talqin qilish → prognozlash va qaror qabul qilish.

Ushbu tarkibiy qismlar yordamida iqtisodiy jarayonlarni ilmiy asoslangan va samarali boshqarish imkoniyati yaratiladi.

1.4-§. Amaliy ekonometrikada uchraydigan muammolar

Amaliy ekonometrika iqtisodiy jarayonlarni empirik ma'lumotlar asosida modellashtirish va tahlil qilish bilan shug'ullanadi. Shu bois, tahlil jarayonida turli muammolar va qiyinchiliklar uchraydi. Ularni tushunish va oldini olish, iqtisodiy natijalarni ishonchli olish uchun muhimdir. Asosiy muammolar quyidagilardan iborat:

1. Ma'lumotlar bilan bog'liq muammolar

Yetarli ma'lumotlarning yo'qligi: ko'pincha kerakli iqtisodiy ko'rsatkichlar to'liq emas yoki yetarli vaqt oralig'ida mavjud bo'lmaydi.

Ma'lumotlarning sifatsizligi: noto'g'ri, noto'liq yoki turli manbalardan olingan ma'lumotlar tahlil natijalarini buzishi mumkin.

Ma'lumotlarning heterojenligi: turli manbalar va davrlardagi ma'lumotlar bir-biriga mos kelmasligi mumkin.

2. Model tuzishdagi muammolar

Spesifikatsiya muammosi: iqtisodiy jarayonni to'liq ifodalaydigan modelni tanlash qiyin bo'ladi. Ba'zan muhim omillar e'tiborga olinmay qoladi yoki keraksiz omillar kiritiladi.

Chiziqli va nochiziqli model tanlovi: qaysi turdagi model real jarayonni yaxshiroq ifodalashini aniqlash har doim oson emas.

Panel ma'lumotlar va vaqt qatori modellari bilan bog'liq murakkabliklar: ko'p davrli yoki ko'p ob'ektli tahlil jarayonida qo'shimcha ehtiyot choralarini talab qiladi.

3. Parametrlarni baholashdagi muammolar

Endogenlik: omillar o'zaro bog'liq bo'lishi, ya'ni mustaqil o'zgaruvchi boshqa o'zgaruvchi bilan korrelyatsiyalangan bo'lishi mumkin.

Multikollinerlik: mustaqil o'zgaruvchilar orasida kuchli bog'liqlik bo'lsa, parametrlarni aniq baholash qiyinlashadi.

Heteroskedastiklik va avtokorrelyatsiya: xatoliklar dispersiyasi doimiy bo‘lmasligi yoki qatorlar o‘zaro bog‘liq bo‘lishi mumkin.

4. Tahlil natijalarini talqin qilishdagi muammolar

Empirik natijalarni iqtisodiy mazmunga moslashtirish qiyin bo‘lishi mumkin. Ba’zan statistik natija iqtisodiy jihatdan mantiqsiz bo‘ladi.

Prognoz xatoliklari: hatto yaxshi baholangan model ham kelajakdagi jarayonlarni to‘liq aniqlay olmaydi, chunki iqtisodiy tizimlar murakkab va dinamik.

5. Qiyin sharoitlar va noaniqliklar

Iqtisodiy jarayonlar ko‘plab tashqi omillarga bog‘liq: siyosiy, ijtimoiy, tabiiy hodisalar.

Noaniqlik tufayli model parametrlarini baholash va prognoz qilish murakkablashadi.

Qaror qabul qilish jarayonida variantlar soni ko‘p bo‘lishi va har birining natijasi oldindan aniq bo‘lmasligi.

Amaliy ekonometrikada uchraydigan muammolar asosan ma’lumotlar sifati, model tanlovi, parametrlarni baholash va prognoz xatoliklari bilan bog‘liq. Shu muammolarni oldindan aniqlash va tegishli metodlarni qo‘llash orqali modelning ishonchliligi va tahlil natijalarining sifati oshiriladi.

1.5-§. Amaliy ekonometrikada ishlatiladigan dasturiy vositalar

Amaliy ekonometrika iqtisodiy jarayonlarni empirik ma’lumotlar asosida tahlil qilish va prognoz qilish bilan shug‘ullanadi. Buning uchun turli dasturiy vositalar va paketlar qo‘llaniladi. Ushbu dasturlar nafaqat ma’lumotlarni qayta ishlash, balki model tuzish, parametrlarni baholash, diagnostika va prognozlash imkonini ham beradi.

1. MS Excel

Eng keng tarqalgan va sodda dasturiy vosita.

Asosiy imkoniyatlari:

Ma’lumotlarni kiritish va qayta ishlash;

Grafik va diagrammalar yaratish;

Oddiy chiziqli regressiya va statistik tahlil.

Excelning afzalligi — foydalanuvchi uchun qulaylik va tezkor natija olish, ammo murakkab ekonometrik modellarni ishlab chiqishda cheklangan.

2. EViews

Makroiqtisodiy va mikroiqtisodiy ma'lumotlar bilan ishlash uchun keng qo'llaniladi.

Asosiy xususiyatlari:

Vaqt qatori (time series) va panel ma'lumotlarni tahlil qilish, ARIMA, VAR, GARCH, Cointegration va boshqa modellarda parametrlarni baholash,

Prognozlash va statistik testlarni avtomatlashtirish.

EViews dasturi ilmiy va amaliy tahlil uchun keng qo'llanadi.

3. Stata

Iqtisodiy va ijtimoiy tadqiqotlar uchun keng imkoniyatlar yaratadi.

Asosiy funksiyalari:

Regressiya va ko'p omilli tahlil,

Panel ma'lumotlar va vaqt qatori modellari,

Statistik testlar, grafik vizualizatsiya, ma'lumotlarni manipulyatsiya qilish.

Stata dasturi o'rganish va amaliy ishlar uchun qulay, ayniqsa ko'p ma'lumotli bazalar bilan ishlashda.

4. R dasturi (R Project)

Ochiq kodli dastur bo'lib, statistik va ekonometrik tahlil uchun juda mos.

Asosiy imkoniyatlari:

Keng turdagi statistik va ekonometrik paketlar,

Vaqt qatori, panel ma'lumotlar, Logit/Probit, ARIMA va GARCH modellari,

Grafik vizualizatsiya va natijalarni tayyorlash.

R dasturi ilmiy tadqiqotlar va amaliy iqtisodiy tahlil uchun moslashuvchan va kuchli vosita.

5. Gretl

Ochik kodli va oson o'rganiladigan ekonometrik dastur.

Asosiy xususiyatlari:

Chiziqli va nochiziqli regressiya,
Vaqt qatori va panel ma'lumotlar,
Statistik testlar va model diagnostikasi.

Gretl dasturi o'quv jarayoni va kichik amaliy loyihalar uchun juda qulay.

6. MATLAB

Matematik va iqtisodiy modellashtirish uchun kuchli vosita.

Asosiy imkoniyatlari:

Chiziqli va nochiziqli model parametrlarini baholash,
Vaqt qatori va optimizatsiya masalalari,
Grafik vizualizatsiya va ma'lumotlarni qayta ishlash.

MATLAB dasturi murakkab modellar va algoritmlarni ishlab chiqishda keng qo'llanadi.

Amaliy ekonometrikada dasturiy vositalar ma'lumotlarni tahlil qilish, model tuzish, parametrlarni baholash va prognozlash jarayonlarini sezilarli darajada osonlashtiradi. Tanlangan vosita tahlilning murakkabligi, ma'lumotlarning hajmi va tadqiqot maqsadiga qarab belgilanadi.

Nazorat uchun savollari

1. Fanning predmeti va vazifalari.
2. Obyektiv iqtisodiy qonunlar va subyektiv omillar.
3. Xo'jalik jarayoni va bozor iqtisodiyotini modellashtirish va tahlil qilish muammolari.
4. Iqtisodiy bilimlar va matematika o'rtasidagi bog'lashishlarning rivojlanishi.
5. Matematik modellarni ishlab chiqish va masalalar echish ketma-ketligi.
6. Ekonometrik modellarning maqsadi. Ularni spetsifikatsiya qilish tamoyillari.
7. Ekonometrikada ma'lumot turlari.
8. Iqtisodiy-matematik modellarning turlari.
9. Konseptual model tuzish.

SAMARQAND IQTISODIYOT VA SERVIS INSTITUTI
AXBOROT RESURS MARKAZI
74470

II BOB. IQTISODIYOTDA CHIZIQLI MODELLAR VA BALANS TIZIMLARI

2.1-§. Ko‘p tarmoqli iqtisodiyotda balans munosabatlari. Tarmoqlararo balans usulining ahamiyati, mazmuni va vazifalari

Tarmoqlararo balans usuli asosiy iqtisodiyot-matematik usullardan biri bo‘lib, alohida korxona darajasida ham, xalq xo‘jaligini tarmog‘i darajasida ham, butun xalq xo‘jaligi darajasida ham mahsulot ishlab chiqarish va taqsimlashni tahlil qilish, me’yorlash rejalashtirish hamda taxminlashtirish uchun keng qo‘llaniladi va katta ahamiyatga ega.

Tarmoqlararo balansning bosh g‘oyasi shundan iboratki, ijtimoiy ishlab chiqarish jarayonida har bir tarmoq, bir tomondan ishlab chiqaruvchi, ikkinchi tomondan esa iste’molchi tarzida qatnashadi.

Tarmoqlararo balans modeli ishlab chiqarishning barcha tarmoqlari o‘rtasidagi o‘zaro mahsulot yetkazib berish, aossiy ishlab chiqarish fondlarining hajmi va tarmoq strukturasini hamda xalq xo‘jaligini mehnat resurslari bilan ta’minlanganligi va shu kabilar haqidagi yagona axborot tizimidir. Bunday model barcha tarmoqlararo aloqalarni aniq hisobga olish asosida rejaning balans qilingan ko‘rsatkichlarini hisoblab chiqish va ularning mumkin bo‘lgan ko‘pgina variantlarni ko‘rib chiqish muammosini hal qilish imkonini beradi.

Tarmoqlararo balans ijtimoiy ishlab chiqarishda mavjud bo‘lgan butun aloqalar zanjirini aniqlash muammosini yechish imkonini yaratadi. Analitik ahamiyatga ko‘ra tarmoqlararo balans hisobot va rejali balanslarga bo‘linadi.

Tarmoqlararo hisobot balanslari moddiy ishlab chiqarish va hisobot davrida tarkib topgan tarmoqlararo aloqalarning strukturasini kompleks tahlil qilish, shuningdek rejali tarmoqlararo balanslar uchun dastlabki axborotni tayyorlash uchun ishlab chiqiladi.

Tarmoqlararo rejali balans rejalashtirishning dastlabki va yakuniy bosqichlarida qo‘llaniladi. Rejali balansdan xalq xo‘jaligini rivojlantirishda moddiy ishlab chiqarishning eng ratsional strukturasini topish muammosini yechish maqsadida foydalanish alohida ahamiyat kasb etadi.

O‘z navbatida tarmoqlararo balans modellari vaqt omili bo‘yicha statistik va dinamik modellarga bo‘linadi. Rejalashtirish amaliyotida natura, qiymat va natura-qiymat balanslari ham qo‘llaniladi.

Hozirgi paytda respublika, regional va yirik iqtisodiy rayonlar, hududiy ishlab chiqarish majmuilari bo‘yicha tarmoqlararo balanslarni tuzish juda dolzarb masala hisoblanadi.

2.2-§. Ko‘p tarmoqli iqtisodiyotda chiziqli modellar

Tarmoqlararo hisobot balansining statistik modellari. Tarmoqlararo balans modeli asosini ishlab chiqarilgan mahsulotlarni taqsimlash balanslari tashkil etadi. Bu o‘rinda shuni ta’kidlash kerakki, jami ishlab chiqarilgan mahsulotning bir qismi tarmoqlararo ishlab chiqarishni joriy harajatlariga sarflansa, boshqa bir qismi ishlab chiqarish sferasiga qaytib tushmaydi, biroq iste’molga va jamg‘armaga sarflanadi. Busiz esa kengaytirilgan takror ishlab chiqarishni tasavvur etib ham bo‘lmaydi.

Aytaylik, jami ijtimoiy mahsulot aniq bir davr-vaqtda (1 yil, 5 yil, chorak, ya’ni bir ishlab chiqarish siklida) xalq xo‘jaligining n-ta tarmog‘ida ishlab chiqarilsin.

Faraz qilaylik $X_1, X_2, ..., X_n$ lar 1-chi, 2-chi,…., n-chi tarmoqlardagi jami ishlab chiqarilgan mahsulotlarni hajmini bildirsin (natura ko‘rinishida). Mos ravishda X_{ik}- orqali i tarmoqning k-chi tarmoqga yuborishi kerak bo‘lgan mahsulot miqdorini (hajmini) belgilaymiz.

Shuningdek U_i orqali i - tarmoqning ishlab chiqarish sferasiga kelib tushmaydigan, biroq iste’mol va jamg‘armaga ketadigan mahsulot miqdorini belgilaymiz va uni, ya’ni U_i –ni i - chi tarmoqni oxirgi (yakuniy) mahsuloti deb ataymiz.

O‘z navbatida yuqorida aytilganlardan kelib chiqqan holda ijtimoiy mahsulotni ishlab chiqarish va taqsimlash jarayonini quyidagi jadval orqali ifodalash mumkin:

Ishlab chiqa-ruvchi tarmo qlar	**Ishlab chiqa-rilgan mahsu -lot hajmi**	**Iste'molchi tarmoqlar**						**Oxirgi mahsu -lot**
		1	2	…	k	…	n	
1	X_1	X_{11}	X_{12}	…	X_{1k}	…	X_{1n}	U_1
2	X_2	X_{21}	X_{22}	…	X_{2k}	…	X_{2n}	U_2
⋮ ⋮	⋮ ⋮	…	…	…	…	…	…	…
I	X_i	X_{i1}	X_{i2}	…	X_{ik}	…	X_{in}	U_i
⋮ ⋮	⋮ ⋮	…	…	…	…	…	..	...
N	X_n	X_{n1}	X_{n2}	…	X_{nk}	…	X_{nn}	U_n

Ushbu jadvalga xalq xo'jaligini tarmoqlararo balansining modeli yoki iqtisodiy haritasi deb aytish mumkin yoki ushbu tarmoqlararo balans jadvalini matematik tilda qo'yidagi tenglamalar sistemasi ko'rinishida ifodalash mumkin:

$$\left.\begin{aligned} X_1 &= X_{11} + X_{12} + \cdots + X_{1k} + \cdots + X_{1n} + Y_1 \\ X_2 &= X_{21} + X_{22} + \cdots + X_{2k} + \cdots + X_{2n} + Y_2 \\ X_i &= X_{i1} + X_{i2} + \cdots + X_{ik} + \cdots + X_{in} + Y_i \\ &\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ X_n &= X_{n1} + X_{n2} + \cdots + X_{nk} + \cdots + X_{nn} + Y_n \end{aligned}\right\} \qquad (2.1)$$

Yoki qisqacha

$$X_i = \sum_{k=1}^{n} X_{ik} + Y_i, (i = \overline{1,n}) \qquad (2.2)$$

(2.1) va (2.2) tenglamalar sistemasi tarmoqlararo mahsulot ishlab chiqarish va taqsimlash balansining iqtisodiy-matematik modeli deyiladi. Bu modellarda tenglamalar soni ishlab chiqaruvchi tarmoqlar soniga to'g'ri keladi. O'z navbatida ushbu tenglamalar ixtiyoriy X_i tarmoqda jami ishlab chiqarilgan mahsulot moddiy ishlab chiqarish

sohasidagi tarmoqlar iste'mol qiladigan mahsulotlar yig'indisi ($\sum_{k=1}^{n} X_{ik}$) va ishlab chiqarish sferasiga qaytib tushmaydigan (kelmaydigan) yakuniy mahsulot (U_i) larni yig'indisidan tashkil etilishini bildiradi. Shuningdek ijtimoiy mahsulotni ishlab chiqarish va taqsimlashning tarmoqlararo balansi natura yoki qiymat shaklida ham ifodalanishi, ishlab chiqarilishi-tuzilishi mumkin.

Qiymatli balansda $X_1, X_2, ..., X_n$ - o'zgaruvchilar 1,2,...,*n*- chi tarmoqlarni yalpi mahsuloti hajmining qiymatli ifodasini, shaklini anglatadi.

X_{ik} *k*- chi tarmoqda mahsulot ishlab chiqarish uchun i- chi tarmoqdan sarflanadigan harajat miqdori (hajmini) ni bildiradi.

U_i- *i*- chi tarmoqning yakuniy mahsuloti (hajmini) qiymatli ifodasini bildiradi.

Naturali balansda $X_1, X_2, ..., X_n$- o'zgaruvchilar n- turdagi ishlab chiqarilgan yalpi mahsulotlarni hajmini (miqdorini) natura birliklarida ifodalaydi.

X_{ik}- *k*- chi tarmoqda bir birlik mahsulot ishlab chiqarish uchun *i*- chi tarmoqdan yuborilishi kerak bo'lgan mahsulot miqdorini bildiradi.

U_i- *i*- chi tarmoqning yakuniy mahsulot miqdorini bildiradi.

Tarmoqlararo qiymatli va naturali balanslar (2.1) va (2.2) matematik tenglamalar sistemasi shaklida bir xil ko'rinishda ifodalanadi va har ikkala holda ham jami mahsulotning hajmi X_i ikkiga, ya'ni oraliq mahsulot - ishlab chiqarish ehtiyojlarining hajmi $X_{i1} + X_{i2} + ... + X_{in}$ hamda noishlab chiqarishga mo'ljallangan hajmi U_i - yakuniy mahsulotlarga bo'linadi va ularni ulushi qiymatli balansning turli tarmoqlar uchun va naturali balansni turli mahsulotlari uchun bir xil bo'lmaydi. Biroq qiymatli balans tenglamalarini mahsulot iste'moli ko'rinishida quyidagicha

$$X_i = \sum_{k=1}^{n} X_{ik} + V_i + M_i, (i = \overline{1,n}) \qquad (2.3)$$

ifodalash mumkin.

Bu yerda X_{ik} – k- chi iste'molchi tarmoqning moddiy harajatlarini bildiradi; $V_i + M_i$ - uning sof mahsulotini; V_i - mehnatga to'lanadigan summasini; M_i - sof daromad-foydani bildiradi.

O'z navbatida (2.1) tenglamalar sistemasida har bir qo'shiluvchi X_{ik} larni X_i ga bo'lamiz va ko'paytiramiz, hamda

$$\frac{X_{ik}}{X_k} = a_{ik} \tag{2.4}$$

deb belgilab, uning shaklini o'zgartiramiz. Natijada a_{ik} koeffitsiyentlarni qiymatlari va $U_1, U_2, ..., U_n$ (yoki $X_1, X_2, ..., X_n$) miqdorlari berilgan n noma'lumli n ta tenglamalar sistemasining odatdagi matematik ko'rinishiga ega bo'lamiz.

$$\left.\begin{aligned} X_1 &= a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \cdots + a_{1n}X_n + Y_1 \\ X_2 &= a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \cdots + a_{2n}X_n + Y_2 \\ &\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ X_n &= a_{n1}X_1 + a_{n2}X_2 + \cdots + a_{nn}X_n + Y_n \end{aligned}\right\} \tag{2.5}$$

bu yerda a_{ik} - miqdor to'g'ri harajatlar koeffitsiyentlari deyiladi hamda barcha tarmoqlar uchun quyidagi matritsa ko'rinishida bo'ladi:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11}a_{12}...a_{1n} \\ a_{21}a_{22}...a_{2n} \\ \cdots\cdots\cdots \\ a_{n1}a_{n2}...a_{nn} \end{pmatrix} \tag{2.6}$$

to'g'ri harajatlar koeffitsiyentlari naturali balansda bir birlik K mahsulotni ishlab chiqarish uchun i mahsulot sarfining texnologik normasini bildiradi. Qiymatli balansda esa a_{ik} - koeffitsiyentlar k-tarmoqni yalpi mahsulotni har bir so'miga i- tarmoqning mos ravishda sarfi - harajatlarini bildiradi.

Tarmoqlararo balans modelida to'g'ri harajatlar koeffitsiyentlari a_{ik} doimiy deb hisoblanadi. Ushbu farazimiz xo'jalikda to'plangan o'zaro aloqalarni o'rganish va tahlil qilishdan tarmoqni proporsional taraqqiyotini prognoz qilish (taxminlashtirish) va ularni o'sish suratlarini rejalashtirish imkonini beradi. O'z navbatida (2.4) dan

$$X_{ik} = a_{ik}X_k \tag{2.7}$$

ekanligini tushunish qiyin emas, ya'ni *i*- tarmoqning *k*- tarmoq uchun yuboradigan mahsulotining miqdori (hajmi), *i*- chi tarmoqning k- chi tarmoqda bir birlik mahsulot ishlab chiqarish uchun sarflanadigan mahsulotni hajmi-miqdorini, *k*- chi tarmoqda ishlab chiqariladigan mahsulotning soniga ko'paytmasiga teng bo'ladi.

O'z navbatida (2.5) tenglamalar sistemasiga (2.7) ni qo'yib barcha noma'lum hadlarni tenglikning chap tomoniga o'tkazib tegishli shakl almashtirish (soddalashtirish) lardan so'ng tarmoqlararo balansning yangi tenglamalar sistemasiga ega bo'lamiz:

$$\left.\begin{array}{l}(1-a_{11})X_1 - a_{12}X_2 - \cdots - a_{1n}X_n = Y_1 \\ -a_{21}X_1 + (1-a_{22})X_2 - \cdots - a_{2n}X_n = Y_2 \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ -a_{n1}X_1 - a_{n2}X_2 - \cdots - (1-a_{nn})X_n = Y_n\end{array}\right\} \qquad (2.8)$$

Ushbu tarmoqlararo balansning tenglamalar sistemasi quyidagi matritsali tenglamaga teng kuchliligi ham tushunarli ekanligini hisobga olsak, u holda

$$\left[\begin{pmatrix}1 & 0 & \ldots & 0\\ 0 & 1 & \ldots & 0\\ . & . & \ldots & .\\ 0 & 0 & \ldots & 1\end{pmatrix} - \begin{pmatrix}a_{11} & a_{12} & \ldots & a_{1n}\\ a_{21} & a_{22} & \ldots & a_{2n}\\ . & . & \ldots & .\\ a_{n1} & a_{n2} & \ldots & a_{nn}\end{pmatrix}\right]\begin{pmatrix}X_1\\ X_2\\ \ldots\\ X_n\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}Y_1\\ Y_2\\ \ldots\\ Y_n\end{pmatrix} \qquad (2.9)$$

ga, yoki

$$(E-A)\cdot X = U \qquad (2.10)$$

tarmoqlararo balansning matritsali modeliga ega bo'lamiz.

bu yerda: *E*- birlik matritsasi, *A*- tarmoqlar bo'yicha to'g'ri harajatlar koeffitsiyentlarining matritsasi, *X*- tarmoqlar bo'yicha ishlab chiqarishning noma'lum hajmi matritsasi, *U*- tarmoqlar bo'yicha berilgan yakuniy mahsulot xajmi matritsasi.

O'z navbatida (2.9), (2.10) tarmoqlararo balans modellari yordamida amaliyotda qo'yidagi muammolarni yechish mumkin:

Berilgan yalpi mahsulot hajmi $X_1, X_2, \ldots, X_n$ lar bo'yicha tarmoqlarni yakuniy mahsulot hajmi $U_1, U_2, \ldots, U_n$ larni aniqlash, ya'ni matritsa shaklida: $U = (Ye - A)\cdot X$ Berilgan to'g'ri harajatlar koeffitsiyentlari matritsasi *A*- bo'yicha to'la harajatlar koeffitsiyentlarini matritsasi *R*-ni

aniqlash. Qaysiki A- ni elementlari tarmoqlarni istiqbolini rejalashtirishning muhim ko‘rsatkichlari sifatida xizmat qiladi. Matritsa ko‘rinishida

$$P = (E - A)^{-1} = \frac{E}{|E - A|}$$

Berilgan yakuniy mahsulot hajmi $U_1, U_2, ..., U_n$ lar bo‘yicha tarmoqlarning yalpi mahsulot hajmlari $X_1, X_2, ..., X_n$ larni aniqlash. Matritsa ko‘rinishida

$$X = (Ye - A)^{-1} \cdot U = R \cdot U$$

Tarmoqlar bo‘yicha berilgan n- ta yalpi va yakuniy mahsulotlarni $X_1, U_2, X_3, U_4, ..., X_{n-1} U_n$ xajmlari bo‘yicha qolgan $U_1, X_2, U_3, X_4, ..., U_{n-1} X_n$ larni xajmlarini aniqlash.

Tarmoqlararo rejali balansning dinamik modeli. Tarmoqlararo balansning dinamik modellari statistik modellardan farqli ravishda iqtisodni ma’lum bir davrdagi holatini aks ettirib qolmasdan balki uning rivojlanish jarayonini ifodalash, iqtisodning oldingi va keyingi bosqichlari bilan bog‘lanishini belgilab berish hamda iqtisodiy matematik usullarni ishlab chiqarishning real-aniq shartlariga yaqinlashtirish kabi maqsadlar uchun xizmat qiladi.

Dinamik modelda ishlab chiqarishning kapital mablag‘lari statistik modelni tarkibidagi yakuniy mahsulot qismidan ajratiladi va ularni ishlab chiqarish hajmini o‘sishiga-ortishiga ta’siri va tuzilishi tekshiriladi.

Kapital mablag‘lar va mahsulotni ko‘payish miqdorlari orasidagi bog‘lanishlar dinamik tenglamalar sistemasini qo‘rishning asosi bo‘lib hisoblanadi. O‘z navbatida dinamik tenglamalar sistemasini yechish esa ishlab chiqarish darajasini aniqlashga olib keladi. Biroq statistik modeldan farqli ravishda dinamik variantda ishlab chiqarishning izlanayotgan (topiladigan) darajasi oldingi davrdagi ishlab chiqarish hajmiga (darajasiga) bog‘liq bo‘ladi.

Tarmoqlararo mahsulot ishlab chiqarish va uning taqsimoti balansining dinamik modeli jadval ko‘rinishida quyidagicha ifodalanadi:

Ishlab chiqaruv-chi tar-moqlar	Tarmoqlararo joriy harajatlar oqimi	Tarmoqlararo ishlab chiqarishning kapital mablag‘lar oqimi (fondlarning o‘sishi, ko‘payishi)	Yaku-niy mahsu lot	Yalpi mahsu lot
	1 2 .... k ....n	1 2 ..... K .... N	Z_i	X_i
1	X_{11} X_{12} ··· X_{1k} ··· X_{1n}	ΔF_{11} ΔF_{12} ··· ΔF_{1k} ··· ΔF_{1n}	Z_1	X_1
2	X_{21} X_{22} ··· X_{2k} ··· X_{2n}	ΔF_{21} ΔF_{22} ··· ΔF_{2k} ··· ΔF_{2n}	Z_2	X_2
⋮	– – – –	– – – –	–	–
I	X_{i1} X_{i2} ··· X_{ik} ··· X_{in}	ΔF_{i1} ΔF_{i2} ··· ΔF_{ik} ··· ΔF_{in}	Z_i	X_i
⋮	– – – –	– – – –	–	–
N	X_{n1} X_{n2} ··· X_{nk} ··· X_{nn}	ΔF_{n1} ΔF_{n2} ··· ΔF_{nk} ··· ΔF_{nn}	Z_n	X_n

Ushbu modeldagi joriy harajatlar matritsasini koeffitsiyentlari X_{ik}, statistik modeldagi X_{ik} ga mos keladi. Tarmoqlararo ishlab chiqarishning kapital mablag‘lar oqimi ΔF_{ik} esa *i*- chi tarmoqda ishlab chiqarilgan mahsulotning kapital mablag‘ sifatida *k*- chi tarmoq uchun yuboriladigan qismini bildiradi. Bu esa moddiy jihatdan iste’molchi tarmoqlarda xomashyo va mahsulotlar zaxirasini oshirishni anglatadi yoki ishlab chiqarish jihozlari, qurilishlari, maydonlari, transport vositalari kabilarni ko‘payishiga olib keladi. Shuningdek dinamik modelda yakuniy mahsulot Z_i, *i*- tarmoqning shaxsiy iste’moli va ijtimoiy (jamoat) iste’moliga, ishlab chiqarishning jamg‘armasiga, tugallanmagan qurilishlariga, eksport kabilarga ketadigan, sarflanadigan qismini o‘z ichiga oladi. Yana shuni ta’kidlash lozimki, dinamik modelda ishlab chiqarishning kapital mablag‘lar oqimi va yakuniy

mahsulotlar yig‘indisi (birgalikda) statistik tarmoqlararo balans modelidagi yakuniy mahsulotni tashkil etadi, ya’ni

$$\sum_{k=1}^{n}\Delta\Phi_{ik}+Z_i=Y_i,(i=\overline{1,n}) \tag{2.11}$$

va mos ravishda (2.2) ni

$$X_i=\sum_{k=1}^{n}X_{ik}+\sum_{k=1}^{n}\Delta\Phi_{ik}+Z_i,(i=\overline{1,n}) \tag{2.12}$$

ko‘rinishida yozish mumkin.

O‘z navbatida tarmoqlararo balansning statistik modelida bo‘lgani singari joriy harajatlar oqimini to‘g‘ri moddiy harajatlar koeffitsiyentlari yordamida tarmoqlarning yalpi mahsuloti orqali quyidagicha ifodalaymiz:

$$X_{ik}=a_{ik}X_k \tag{2.13}$$

Biroq, agar joriy harajatlar oqimi mahsulot ishlab chiqarishning miqdorini jami hajmi bilan bog‘liq bo‘lsa, u holda kapital mablag‘lar oqimi mahsulot ishlab chiqarish hajmini oshishiga-ko‘payishiga olib keladi yoki aniqroq qilib aytganda, qaralayotgan davr uchun mablag‘larni qo‘yilishi mahsulotni ortishiga-ko‘payishiga olib keladi.

Agar qaralayotgan davr *t*- bo‘lsa, u holda ko‘paygan mahsulot ΔX_k , *t*- davrdagi absolyut darajasi bilan oldingi (*t*-1) davrdagi ishlab chiqarishning absolyut darajalari orasidagi farq sifatida aniqlanadi, ya’ni

$$\Delta X_k=X_{kt}-X_{kt^{-1}} \tag{2.14}$$

O‘z navbatida mahsulotni ko‘payishi fondlarni (kapital mablag‘larni- qo‘yilmalarni) ko‘payishiga proporsionalligini hisobga olsak, u holda

$$\Delta F_{ik}=b_{ik}\Delta X_k \tag{2.15}$$

bo‘ladi. Bu yerda b_{ik} - proporsionallik koeffitsiyenti bo‘lib, fondlarni ko‘payishini – mahsulotni ko‘payishiga nisbati kabi topiladi, ya’ni

$$b_{ik}=\frac{\Delta\Phi_{ik}}{\Delta X_k} \tag{2.16}$$

Mazkur b_{ik} - proporsionallik koeffitsiyenti *k*-chi tarmoqning ishlab chiqarish quvvatini bir birlik mahsulotga oshirish (ko‘paytirish) uchun *i*-chi tarmoqni qancha mahsuloti talab qilinishi (berilishi) kerakligini bildiradi yoki boshqacha so‘z bilan aytganda *k*- chi tarmoqda mahsulot

ishlab chiqarishni bir birlikga oshirish uchun qaratilgan fondlar sig‘imini bildiradi. Shuningdek proporsionallik koeffitsiyenti b_{ik} kapital mablag‘lar – qo‘yilmalar koeffitsiyenti deb ham aytiladi va qo‘yidagi formula (kvadrat matritsa) bilan topiladi:

$$[b_{ik}]=\begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{1k} & \cdots & b_{1n} \\ b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{1k} & \cdots & b_{1n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{1k} & \cdots & b_{1n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{1k} & \cdots & b_{1n} \end{pmatrix} \qquad (2.17)$$

Qo‘yilmalar koeffitsiyentini matritsasi kapital mablag‘larni iqtisodiy-statistik tahlil qilish, rejalashtirish uchun katta ahamiyat kasb etadi.

Kapital mablag‘larni ko‘proq qismi asosiy fondlarni o‘stirishga yo‘naltiriladi, shuning uchun dinamik modellarni ishlab chiqishda bosh e’tibor asosiy fondlarning kapital qo‘yilmalariga qaratiladi.

O‘z navbatida joriy harajatlar va kapital mablag‘lar koeffitsiyentlari yordamida (2.12) tenglamani quyidagicha yozamiz:

$$X_i=\sum_{k=1}^{n}a_{ik}X_k+\sum_{k=1}^{n}b_{ik}\Delta X_k+Z_i, \qquad \left(i=\overline{1,n}\right) \qquad (2.18)$$

(2.18) birinchi darajali chekli ayirmali tenglamalar sistemasini tashkil etadi. Mazkur (2.18) tenglamani oddiy tenglamalar sistemasiga keltirish uchun ishlab chiqarishning hajmi va yakuniy mahsulot biror *t*- davrga tegishli *a*- mahsulotni ko‘payishi-o‘sishi esa (t – 1) davrga nisbatan taqqoslab olingan deb hisoblanishi kerak. U holda

$$X_i^{(t)}=\sum_{k=1}^{n}a_{ik}X_k^{(t)}+\sum_{k=1}^{n}b_{ik}(X_k^{(t)}-X_k^{(t-1)})+Z_i^{(t)}, \quad \left(i=\overline{1,n}\right) \qquad (2.19)$$

Bundan esa

$$X_i^{(t)}=\sum_{k=1}^{n}(a_{ik}+b_{ik})X_k^{(t)}-\sum_{k=1}^{n}b_{ik}X_k^{(t-1)}+Z_i^{(t)}, \quad \left(i=\overline{1,n}\right) \qquad (2.20)$$

ga ega bulamiz.

Shuningdek, aytaylik bizga o‘tgan ($t-1$) davrda barcha tarmoqlarni ishlab chiqarish darajasi $X_k^{(t-1)}$ miqdor va *t*- davrdagi yakuniy mahsulot ma’lum bo‘lsin.

U holda (2.20) ifoda *n*- noma'lumli *n*- ta chiziqli tenglamalar sistemasini tashkil etadi (yoki bu (2.20) ifoda *t*- davrdagi ishlab chiqarish darajasini ifodalaydi).

Mazkur tarmoqlararo balansning dinamik tenglamalar sistemasini yechish keyingi davrda mahsulot ishlab chiqarishni oldingi davrda erishilgan mahsulot ishlab chiqarish darajasidan bog‘liq holda aniqlash imkonini beradi. Davrlar orasidagi bog‘lanishni esa aynan mahsulotni bir birlikga oshiruvchi kapital mablag‘ni anglatuvchi-mablag‘lar (qo‘yilmalar) koeffitsiyenti orqali o‘rnatiladi-amalga oshiriladi.

O‘z navbatida diskret tahlildan uzluksiz tahlilga o‘tish uchun (2.12) ning o‘rniga quyidagi:

$$X_i = \sum_{k=1}^{n} X_{ik} + \sum_{k=1}^{n} \frac{d\Phi_{ik}}{dt} + Z_i , \quad \left(i = \overline{1,n}\right) \tag{2.21}$$

va (2.15) ifodadan

$$\frac{d\Phi_{ik}}{dt} = b_{ik} \frac{dX_k}{dt} \tag{2.22}$$

larga ega bo‘lamiz.

Shuningdek, (2.12), (2.13), (2.22) lardan

$$X_i = \sum_{k=1}^{n} a_{ik} X_k + \sum_{k=1}^{n} b_{ik} \frac{dX_k}{dt} + Z_i , \quad \left(i = \overline{1,n}\right) \tag{2.23}$$

birinchi darajali, doimiy koeffitsiyentli *n*- ta chiziqli differensial tenglamalar sistemasini hosil qilamiz. Mazkur tenglamalar sistemasini yechish uchun joriy va kapital harajatlar (mablag‘lar) matritsasini koeffitsiyentlari bilan bir qatorda ayrim t=0 boshlang‘ich moment vaqtidagi barcha tarmoqlar bo‘yicha ishlab chiqarish darajasini va yakuniy mahsulot miqdorini vaqtga ko‘ra ($Z_i(t)$ funksiya ko‘rinishida) o‘zgarish qonuniyatlarini bilish juda muhimdir.

Yuqorida keltirilgan ma'lumotlar - bilimlar asosida (2.18) tenglamalar sistemasi yordamida hisoblash boshlangan momentidan (vaqtidan) boshlab istalgan uzoq vaqtga bo‘lgan muddatlargacha nazariy jihatdan ishlab chiqarish darajasini topish - aniqlash mumkin bo‘ladi. Biroq amaliyotda ancha-muncha ishonchli yalpi va yakuniy mahsulot ishlab chiqarish hajmini vaqtni funksiyasi sifatida faqat cheklangan vaqt oralig‘ida olinishi mumkin.

Misol 2.1. Iqtisodiyotda ikkita tarmoq mavjud: qishloq xo‘jaligi (1-tarmoq) va sanoat (2-tarmoq). Quyidagi ma’lumotlar berilgan (ming so‘mda):

1-tarmoqning yalpi mahsuloti: 500

2-tarmoqning yalpi mahsuloti: 800

1-tarmoqning 2-tarmoqqa mahsulot yetkazib berishi: 100

2-tarmoqning 1-tarmoqqa mahsulot yetkazib berishi: 150

1-tarmoqning yakuniy mahsuloti: 250

2-tarmoqning yakuniy mahsuloti: 400

Balans munosabatlarini tekshiring.

Yechim:

Balans tenglamalari:

$$X_1 = X_{11} + X_{12} + Y_1$$
$$X_2 = X_{21} + X_{22} + Y_2$$

Berilgan ma’lumotlar:

$$X_1 = 500,\ X_2 = 800,\ X_{12} = 100,\ X_{21} = 150,\ Y_1 = 250,\ Y_2 = 400$$

1-tarmoq uchun:

$$500 = X_{11} + 100 + 250 \quad X_{11} = 500 - 350 = 150$$

2-tarmoq uchun:

$$800 = 150 + X_{22} + 400 \quad X_{22} = 800 - 550 = 250$$

Demak, ichki iste’mol:

1-tarmoq o‘z mahsulotidan 150, 2-tarmoq o‘z mahsulotidan 250 sarflaydi.

Misol 2.2.

Quyidagi tarmoqlararo balans jadvali berilgan (million so‘mda):

Ishlab chiqaruvchi \ Iste’molchi	1	2	Yakuniy mahsulot	Yalpi mahsulot
1	30	40	130	200
2	50	60	90	200

To‘g‘ri xarajatlar koeffitsiyentlari matritsasini toping.

Yechim:

$$a_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_j}$$

$$a_{11} = \frac{30}{200} = 0.15, \quad a_{12} = \frac{40}{200} = 0.20$$

$$a_{21} = \frac{50}{200} = 0.25, \quad a_{22} = \frac{60}{200} = 0.30$$

$$A = \begin{pmatrix} 0.15 & 0.20 \\ 0.25 & 0.30 \end{pmatrix}$$

2.3-§. Leontev modeli. Leontev modelining samaradorligi

Leontyev modeli maqsadi va tuzilish xususiyatlari. Ko‘pincha iqtisodiy rejalashtirish jarayonida — mintaqalar yoki mamlakat miqyosida — aholi ehtiyoji va ishlab chiqarish tarmoqlari uchun zarur bo‘lgan tovarlar hajmini aniqlash zarurati tug‘iladi. Bu tovarlar ma’lum texnologiya sharoitida ishlab chiqariladi. Agar texnologiya chiziqli deb faraz qilinsa (ya’ni ishlab chiqarish hajmi sarflangan resurslarga to‘g‘ridan-to‘g‘ri proportsional bo‘lsa), ushbu masalaning matematik ifodasi sifatida mashhur “Xarajat–chiqarish” modeli paydo bo‘ladi. Bu model 1930-yilda amerikalik iqtisodchi V.Leontyev tomonidan yaratilgan.

Iqtisodiyotni o‘rganish maqsadiga qarab, uni turli darajalarda tahlil qilish mumkin — milliy iqtisodiyot darajasidan tortib, alohida firma va iste’molchilar darajasigacha.

Leontyev modelining maqsadi — iqtisodiyot tarmoqlari o‘rtasidagi tovar almashinuvi jarayonini tahlil qilish, ya’ni ishlab chiqarish sektori to‘liq ishlashi uchun ishlab chiqarilgan tovar hajmi umumiy (ishlab chiqarish va yakuniy) talabga mos bo‘lishini ta’minlashdir.

Shuning uchun iqtisodiyot har bir tarmoq “sof” ko‘rinishda ajratilib ko‘rib chiqiladi. Faraz qilinishicha, har bir tarmoq faqat o‘ziga xos mahsulot ishlab chiqaradi. Model ishlab chiqarish texnologiyasi, investitsiya mavjud emasligi va ishlab chiqarish hajmi o‘zgarishsiz saqlanishi kabi taxminlarga asoslanadi.

Klassik Leontyev modeli quyidagi **xususiyatlarga** ega: Iqtisodiyot “sof” tarmoqlardan iborat deb qaraladi, ya’ni har bir tarmoq faqat o‘z mahsulotini ishlab chiqaradi; Ishlab chiqarish hajmi bilan

xarajatlar o‘rtasidagi bog‘liqlik chiziqli tenglamalar orqali (chiziqli texnologiya modeli asosida) ifodalanadi; Tovarlar hajmi vektori berilgan deb hisoblanadi, ya’ni modelda iste’molchilarning optimallashtirish masalalari mavjud emas; Tovar ishlab chiqarish hajmi talab asosida emas, balki tarmoqlar o‘rtasidagi ishlab chiqarish aloqalari asosida aniqlanadi; Muvozanat deganda talab va taklifning qat’iy tengligi tushuniladi, ya’ni iqtisodiy tizimda ortiqcha yoki yetishmovchilik yo‘q. Bundan tashqari, modelda tovar narxlari umuman ko‘rib chiqilmaydi.

Shunday qilib, tarmoqlar o‘zaro bog‘liq deb faraz qilinadi, chunki har bir tarmoq o‘z mahsulotini ishlab chiqarishda boshqa tarmoqlarning mahsulotlaridan foydalanadi. Boshqacha aytganda, modelda tarmoqlar orasida qayta ishlab chiqilmaydigan (ya’ni doimiy) ishlab chiqarish omillari nazarda tutilmaydi.

Leontyev modelini tuzish. Faraz qilaylik, iqtisodiy tizim mavjud bo‘lib, uning ishlab chiqarish sohasi n ta tarmoqdan iborat. Har bir tarmoq n turdagi mahsulotlardan faqat bittasini ishlab chiqaradi. Tarmoqlar o‘rtasidagi bunday bog‘liqlik odatda tarmoqlararo muvozanat jadvali shaklida ifodalanadi.

Belgilarni quyidagicha belgilaymiz:

x_i — i-tarmoqning umumiy (yalpi) ishlab chiqarish hajmi (ya’ni barcha tarmoqlarda ishlab chiqarilgan tovar va xizmatlarning umumiy hajmi), $i=\overline{1,n}$;

b_{ij} — i-tarmoq mahsulotining hajmi, bu mahsulot j-tarmoq tomonidan ishlab chiqarish jarayonida iste’mol qilinadi;

y_i — i-tarmoqning yakuniy mahsuloti (ya’ni yakuniy talab uchun mo‘ljallangan i-tarmoq mahsulotlari hajmi).

Endi tarmoqlararo muvozanat jadvalini tuzamiz.

Tarmoqlar		**Mahsulot iste’molchilari (tarmoqlar)**					**Yakuniy mahsulot**	**Yalpi ishlab chiqarish**
		1	2	3	…	n		
Mahsulot yetkazib	1	b_{11}	b_{12}	b_{13}	…	b_{1n}	y_1	x_1
	2	b_{21}	b_{22}	b_{23}	…	b_{2n}	y_2	x_2

	3	b_{31}	b_{32}	b_{33}	…	b_{3n}	y_3	x_3
	…	…	…	…	…	…	…	...
	n	b_{n1}	b_{n2}	b_{n3}	…	b_{nn}	y_n	x_n

i-chi sanoatning yalpi mahsuloti n ta sanoat tomonidan iste'mol qilingan umumiy mahsulotga va yakuniy mahsulotga teng. Keyin, 1-jadvalning har bir qatori uchun biz tenglamalarni olamiz

$$x_i = \sum_{j=1}^{n} b_{ij} + y_i, \quad (i = \overline{1,n}) \tag{2.24}$$

(2.24) tenglamalar balans munosabatlari deb ataladi.

Ko‘rib chiqilgan barcha miqdorlar uchun o‘lchov birliklari jismoniy (kubometr, tonna, dona, kilovatt-soat va boshqalar) yoki pul bo‘lishi mumkin. Bunga qarab, jismoniy va pul-tarmoqlararo balanslar o‘rtasida farq mavjud. Aniqlik uchun biz pul-tarmoqlararo balansni, ya’ni model tenglamalariga kiritilgan miqdorlarning barcha qiymatlari pul ko‘rinishida ifodalangan modelni ko‘rib chiqamiz.

V. Leontyev 1930-yillarda Amerika iqtisodiyotining rivojlanishini o‘rganib chiqib, $a_{ij} = \dfrac{b_{ij}}{x_j}, \quad (i, j = \overline{1,n})$ miqdorlari bir necha yillar davomida o‘zgarmas bo‘lib qolishini ta’kidladi. Bu qo‘llanilgan texnologiyaning taxminiy barqarorligi bilan bog‘liq.

Shuning uchun biz quyidagi taxminni qilamiz: j sanoatidan har qanday x_i hajmdagi mahsulotni ishlab chiqarish uchun i sanoatidan $a_{ij}x_j$ miqdorida mahsulot iste’mol qilish kerak, bu yerda a_{ij} doimiy koeffitsientdir. Sodda qilib aytganda, material xarajatlari mahsulot hajmiga mutanosibdir. Bu taxmin mavjud texnologiyaning chiziqliligini kiritadi. Chiziqlilik printsipi standart foyda bilan bir qatorda boshqa turdagi xarajatlarga (masalan, mehnat xarajatlari) ham qo‘llaniladi.

Shunday qilib, biz to‘g‘ridan-to‘g‘ri xarajatlar koeffitsientlarini kiritamiz:

$$a_{ij} = \frac{b_{ij}}{x_j}, \quad (i, j = \overline{1,n})$$

j-chi sanoatning qiymat birligini ishlab chiqarish uchun i-chi sanoat ishlab chiqarish xarajatlarini ko‘rsatish.

Agar ma’lum bir vaqt ichida a_{ij} koeffitsientlari doimiy bo‘lib, belgilangan ishlab chiqarish texnologiyasiga bog‘liq bo‘ladi deb faraz qilsak, biz material xarajatlarining yalpi mahsulotga chiziqli bog‘liqligini ko‘rib chiqamiz

$$b_{ij} = x_j a_{ij}$$

Natijada, shu asosda tuzilgan tarmoqlararo balans modeli chiziqli deb nomlandi.

Endi balans munosabatlari quyidagi shaklda bo‘ladi:

$$x_i = \sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j + y_i, \quad (i = \overline{1,n})$$

Buni quydagicha olamiz.

$$X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \cdots \\ x_n \end{pmatrix}; \; A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ . & . & \cdots & . \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix}; \; Y = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \cdots \\ y_n \end{pmatrix},$$

bu yerda, X – yalpi mahsulot vektori, A – to‘g‘ridan-to‘g‘ri xarajatlar matritsasi (texnologik yoki strukturaviy matritsasi); Y – yakuniy mahsulot vektori.

Unda balans munosabatlari quyidagicha yozilishi mumkin:

$$X = AX + Y \qquad (2.25)$$

A matritsasi va X va Y vektorlarining yuqoridagi talqini bilan (2.25) tenglama Leontyev modeli deb ataladi. AX ifodasini kirishlar sifatida talqin qilib, bu tizim ko‘pincha Kirish-Chiqish modeli deb ataladi.

(2.25) tenglamani quyidagicha o‘zgartirish mumkin:

$$(I - A) \cdot X = Y$$

Shunday qilib, Leontyev modeli yechimi quyidagicha topiladi:

$$X = (I - A)^{-1} \cdot Y$$

bu yerda $(I - A)^{-1}$— Leontyev teskari matritsasi deb ataladi.

Leontyev modelining samaradorligi (produktivligi). Yechim $X = (I - A)^{-1} \cdot Y$ mavjud bo‘lishi uchun $(I - A)$matritsasining teskari matritsasi mavjud bo‘lishi kerak.

Agar bu teskari matritsa mavjud bo‘lsa va uning barcha elementlari musbat (yoki manfiy bo‘lmagan) bo‘lsa, demak model iqtisodiy jihatdan samarali hisoblanadi.

Ta’rif: Leontyev modeli produktiv (samarali) deyiladi, agar u manfiy bo‘lmagan yechimga ega bo‘lsa, ya’ni barcha tarmoqlar uchun ishlab chiqarish hajmi $x_i \geq 0$ ya’ni $(I-A)^{-1} \geq 0$ bo‘lsa, model produktiv (samarali) hisoblanadi.

Samaradorlikning iqtisodiy ma’nosi. Leontyev modelining samaradorligi shuni anglatadi: iqtisodiyot barqaror ishlashi mumkin; tarmoqlar o‘zaro yetarli resurslar bilan ta’minlanadi; ishlab chiqarish jarayoni tashqi yordam yoki manfiy qiymatlar (masalan, yo‘qotish, qarz) talab qilmaydi; yakuniy talab haqiqiy iqtisodiy imkoniyatlar bilan ta’minlanadi.

Agar model samarali bo‘lmasa (ya’ni ayrim $x_i < 0$ bo‘lsa), bu iqtisodiyotda nohaq balans, resurs yetishmasligi yoki texnologik nomuvofiqlik mavjudligini bildiradi.

Produktivlikni tekshirish shartlari. Modelning samaradorligini tekshirish uchun quyidagi shartlar qo‘llaniladi:

1. Barcha elementlar $a_{ij} \geq 0$ bo‘lishi kerak (manfiy xarajatlar bo‘lmaydi).
2. Har bir ustun bo‘yicha yig‘indi <1, ya’ni:

$$\sum_{i=1}^{n} a_{ij} < 1, \quad j = \overline{1,n}$$

Bu shart ishlab chiqarishda ortiqcha iste’mol bo‘lmasligini bildiradi.

3. Agar $(I-A)$ teskari matritsasi mavjud bo‘lib, $(I-A)^{-1}$ matritsaning barcha elementlari musbat bo‘lsa, model produktiv hisoblanadi.

Leontyev modelining amaliy ahamiyati

Leontyev modeli:

mamlakat iqtisodiyotida tarmoqlararo bog‘liqlikni tahlil qilish uchun;

rejalashtirish va prognoz qilish jarayonida;

import-eksport, investitsiya va energiya resurslari taqsimotini baholashda;

iqtisodiy siyosatni ishlab chiqishda keng qo‘llanadi.

Masalan, qishloq xo‘jaligi, sanoat va xizmat ko‘rsatish tarmoqlari o‘rtasidagi iqtisodiy oqimlarni aniqlash orqali mamlakatning umumiy ishlab chiqarish imkoniyatlarini baholash mumkin.

Leontyev modeli — iqtisodiy tizimdagi tarmoqlar o‘rtasidagi resurs almashinuvi va ishlab chiqarish jarayonlarini matematik asosda tahlil qilishga imkon beruvchi kuchli vositadir.

Modelning samaradorligi esa shuni ko‘rsatadi: iqtisodiyotdagi texnologiyalar va resurslar yakuniy talabni qondirishga yetarli bo‘lsa, iqtisodiy tizim barqaror va real ishlab chiqarishga yaroqli hisoblanadi.

Misol 2.3. To‘g‘ri xarajatlar koeffitsiyentlari matritsasi $A=\begin{pmatrix}0.2 & 0.3\\ 0.4 & 0.1\end{pmatrix}$ berilgan. Leontyev modeli samarador (produktiv) ekanligini tekshiring.

Yechim:

$$I-A=\begin{pmatrix}0.8 & -0.3\\ -0.4 & 0.9\end{pmatrix}$$

I−A=(0.8−0.3−0.40.9)$I-A$=(0.8−0.4−0.30.9)

Determinant: $|I-A|=0.8\cdot 0.9-0.3\cdot 0.4=0.72-0.12=0.6>0$

$$(I-A)^{-1}=\frac{1}{0.6}\begin{pmatrix}0.9 & 0.3\\ 0.4 & 0.8\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}1.5 & 0.5\\ 0.6667 & 1.3333\end{pmatrix}$$

Barcha elementlar musbat, shuning uchun model samarador.

2.4-§. Xarajatlar koeffitsiyentlarini hisoblash

Tarmoqaro balans yoki Leontyev modelida asosiy elementlardan biri bu — xarajatlar koeffitsiyenti (yoki to‘g‘ridan-to‘g‘ri xarajatlar koeffitsiyenti) hisoblanadi.

Bu koeffitsiyent iqtisodiyotning har bir tarmog‘i boshqa tarmoqlardan qancha resurs (xom ashyo, energiya, xizmat) iste’mol qilayotganini ko‘rsatadi.

Boshqacha aytganda, u mahsulot bir birligini ishlab chiqarish uchun zarur bo‘lgan boshqa tarmoq mahsuloti miqdorini ifodalaydi.

Har bir a_{ij} elementi — bu *i*-tarmoqning *j*-tarmoq mahsulotiga bo‘lgan bir birlik ishlab chiqarishdagi xarajat ulushini bildiradi.

$$a_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j}$$

bu yerda: x_{ij} — *j*-tarmoq tomonidan ishlab chiqarilgan mahsulotning *i*-tarmoqqa sarflangan miqdori (ya’ni ichki ishlab chiqarish sarfi), x_j — *j*-tarmoqning yalpi ishlab chiqarish hajmi.

Demak, a_{ij} — bir birlik *j* tarmoq mahsulotini ishlab chiqarish uchun qancha *i*-tarmoq mahsuloti kerakligini ko‘rsatadi.

Xarajatlar koeffitsiyentlarini aniqlash bosqichlari:

1-bosqich. Tarmoqaro ishlab chiqarish jadvallarini tuzish

Birinchi bosqichda har bir tarmoq qancha mahsulot ishlab chiqargani va bu mahsulotning qancha qismi boshqa tarmoqlarga sarflangani haqidagi ma’lumotlar olinadi.

Bu ma’lumotlar tarmoqaro balans jadvali (interindustry table) ko‘rinishida ifodalanadi. Jadvalning har bir elementi x_{ij} — *j*-tarmoq tomonidan ishlab chiqarilgan mahsulotning *i*-tarmoqqa yetkazilgan miqdoridir.

2-bosqich. Har bir tarmoqning yalpi ishlab chiqarishini aniqlash

Har bir tarmoq uchun yalpi ishlab chiqarish quyidagicha topiladi:

$$x_j = \sum_{i=1}^{n} x_{ij} + y_i, \quad (j = \overline{1,n})$$

bu yerda y_i — yakuniy iste’mol (masalan, aholi, davlat, eksport uchun).

3-bosqich. To‘g‘ridan-to‘g‘ri xarajatlar koeffitsiyentlarini hisoblash

Yuqoridagi formula yordamida har bir $a_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j}$ aniqlanadi.

Natijada to‘g‘ridan-to‘g‘ri xarajatlar matritsasi $A = (a_{ij})$ hosil bo‘ladi.

2.1. Misol

Faraz qilaylik, iqtisodiyotda 3 ta tarmoq mavjud:

1. Metallurgiya (1)
2. Mashinasozlik (2)
3. Energetika (3)

Ularning o‘zaro mahsulot almashinuvi quyidagicha (ming so‘mda) berilgan:

	1-tarmoqdan	2-tarmoqdan	3-tarmoqdan	Yakuniy mahsulot (Y)
1-tarmoq (Metall)	50	40	30	80
2-tarmoq (Mashinasozlik)	20	60	20	100
3-tarmoq (Energetika)	10	30	40	60

Har bir tarmoqning yalpi ishlab chiqarishi:

$$x_1 = 50 + 40 + 30 + 80 = 200$$
$$x_2 = 20 + 60 + 20 + 100 = 200$$
$$x_3 = 10 + 30 + 40 + 60 = 140$$

Endi xarajatlar koeffitsiyentlarini hisoblaymiz:

$$a_{11} = \frac{50}{200} = 0.25, \quad a_{12} = \frac{40}{200} = 0.20, \quad a_{13} = \frac{30}{140} \approx 0.21$$
$$a_{21} = \frac{20}{200} = 0.10, \quad a_{22} = \frac{60}{200} = 0.30, \quad a_{23} = \frac{20}{140} \approx 0.14$$
$$a_{31} = \frac{10}{200} = 0.05, \quad a_{32} = \frac{30}{200} = 0.15, \quad a_{33} = \frac{40}{140} \approx 0.29$$

Shunday qilib, xarajatlar matritsasi A quyidagicha bo‘ladi:

$$A = \begin{pmatrix} 0.25 & 0.20 & 0.21 \\ 0.10 & 0.30 & 0.14 \\ 0.05 & 0.15 & 0.29 \end{pmatrix}$$

Har bir a_{ij} quyidagini bildiradi:

$a_{12} = 0.20$— mashinasozlik tarmog‘ining 1 birlik mahsulotini ishlab chiqarish uchun metallurgiyadan 0.20 birlik resurs sarflanadi;

$a_{33} = 0.29$ — energetika tarmog‘i mahsulotining 1 birligini ishlab chiqarish uchun o‘z tarmog‘ining 0.29 birligi kerak bo‘ladi (ya’ni o‘z ichki iste’moli yuqori).

Koeffitsiyentlar qanchalik kichik bo‘lsa, texnologiya shunchalik samarali hisoblanadi, chunki tarmoqlar bir-biridan kamroq resurs talab qiladi.

Demak, agar bu koeffitsiyentlar vaqt o‘tishi bilan kamayib borsa, bu texnologik rivojlanish, resurslardan samarali foydalanish va iqtisodiyotning o‘sishini bildiradi.

Nazorat uchun savollari

1. Har xil turdagi mahsulotlami ishlab chiqarish va iste'mol qilish orqali tannoqlar orasidagi bog‘lanishlami hisoblash masalasining qo‘yilishi qanday hamda balans munosabatlari nima?
2. Tannoqlararo balansning matematik modeli kim tomonidan va qachon bayon etilgan?
3. Tannoqlararo balans modelini tuzishda matematikaning qanday qismlaridan foydalanilgan?
4. Tarmoqlararo balans munosabatlarining matematik ifodasi qanday ko‘rinishda ifodalaniladi?
5. Bevosita to‘g‘ri) xarajatlar koeffitsiyentlari qanday ifodalanadi va uning iqtisodiy ma’nosi nimadan iborat?
6. Chiziqli tannoqlararo balans tenglamasi qanday ifodalanadi?
7. Leontev modeli qanday ko‘rinishda ifodalanadi?
8. Qanday matritsa samarador deb ataladi?
9. To‘la xarajatlar matritsasi nima va matritsa samaradorligining qanday mezonlarini bilasiz?

III BOB. MIKROIQTISODIY MODELLAR: ISTE'MOLCHI VA ISHLAB CHIQARUVCHI XATTI-HARAKATLARI

3.1-§. Foydalilik funksiyasi, iste'mol tanlovi va ularning xossalari

Foydalilik funksiyasi. Iste'molchi barcha mablag'ini tovarlar (mahsulotlar) sotib olishga sarflash uchun mo'ljallangan I hajmiga ega bo'lsin, ya'ni I ko'rsatkichi ushbu iste'molchining daromadi emas, balki uning xarajatlar miqdoridir. Narxlar tarkibi, mablag'i va shaxsiy qiziqishlarini inobatga olgan holda iste'molchi ma'lum miqdordagi tovarlarni xarid qiladi; uning harakatlarining matematik ifodasi iste'mol tanlovi modeli deb yuritiladi.

Ikkita tovardan tashkil topgan iste'mol savatchalarini muhokama qilaylik. Iste'mol savatchasi (qisqa shaklda savatcha) — x_1 koordinatasi birinchi tovar miqdorini, x_2 koordinatasi esa ikkinchi tovar miqdorini ifodalovchi $(x_1;x_2)$ vektoridir.

Iste'molchining tanlovi afzallik bog'liqligi orqali izohlanadi, uning mazmuni quyidagicha: iste'molchi har qanday ikkita savatcha haqida ularning biri ikkinchisiga qaraganda ma'qulroq, yoki ikkalasi ham uning uchun bir xil ahamiyatga ega degan fikrni bildirishi mumkin deb qaraladi. Afzallik munosabati o'tish xususiyatiga ega, ya'ni agar $A=(a_1;a_2)$ savatcha $B=(b_1;b_2)$ savatchaga nisbatan afzal, B savatcha esa $C=(c_1;c_2)$ savatchaga nisbatan afzal bo'lsa, u holda A savatcha C savatchaga nisbatan ham afzal hisoblanadi.

Iste'molchining foydalilik funksiyasi deb, $(x_1;x_2)$ iste'mol savatchalari to'plamida aniqlangan, shunday $u=(x_1;x_2)$ funksiyaga aytiladiki, uning $(x_1;x_2)$ savatchasidagi $u=(x_1;x_2)$ qiymati iste'molchining ushbu savatcha bo'yicha iste'mol bahosiga teng bo'ladi. $(x_1;x_2)$ savatchaning $u=(x_1;x_2)$ iste'mol bahosi, iste'molchi tomonidan bu savatdan sotib olish yoki undan foydalanganda qondiriladigan ehtiyojlar darajasi deb nomlanadi. Har bir iste'molchi, odatda, o'ziga xos foydalilik funksiyasiga ega bo'ladi. Agar A savatcha B savatchadan afzal bo'lsa, u holda $u(A)>u(B)$ bo'ladi.

Iste'molchining tovarlarga bo'lgan talabini belgilovchi foydalilik funksiyasida X-vektorning koordinatalari manfiy bo'lmagan qiymatlarni qabul qilsin va $u(x)$ funksiya ortuvchi yoki, hech bo'lmaganda, tovarlar soni o'sganda kamaymasin: ya'ni $x_i < x_{i+1}$ bo'lganda

$$u(x_i) < u(x_{i+1})$$

shart bajarilsin. Agar $u(x)$ differensiallanuvchi bo'lsa, bu shartni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$u_i(x) = u_i' \geq 0,\ i = 1,2,\ldots,n$$

Yuqoridagi ifodaga ko'ra

$$u(x) = c$$

shartni qanoatlantiruvchi x-vektorlar to'plami befarqlik yuzasi deb ataladi. Befarqlik yuzasi – bu iste'molchi uchun bir xil foydalilik darajasiga ega bo'lgan iste'mol reja vektorlaridan tashkil topgan to'plamdir.

Foydalilik funksiyasi differensiallanuvchi bo'lib, uning argumentlaridagi kichik o'zgarishlar natijasida funksiyaning o'zgarishi to'liq differensial orqali ifodalanadi:

$$du(x) = \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial u}{\partial x_i} dx_i = \sum_{i=1}^{n} u_i dx_i$$

Befarqlik yuzasida joylashgan nuqtalarda yuqoridagi ifoda nolga teng bo'ladi, ya'ni

$$\sum_{i=1}^{n} u_i dx_i = 0$$

tenglik o'rinli bo'ladi. Agar i va $j-$ mahsulotlardan boshqasi o'zgarmasa, u holda yugoridagidan $u_i dx_i + u_j dx_j = 0$ kelib chiqadi. Bundan esa

$$\frac{dx_i}{dx_j} = -\frac{u_j(x)}{u_i(x)}$$

tenglik o'rinli bo'ladi. $-\frac{u_j(x)}{u_i(x)}$ miqdorini i va $j-$ mahsulotlarni ekvivalent almashtirish koeffitsienti deyiladi.

Foydalilik funksiyasi quyidagi xususiyatlarga ega:

1. Mahsulotlardan birining iste'moli ikkinchisining iste'moli o‘zgarmas bo‘lganda o‘sishi iste'mol bahosining ortishiga sabab bo‘ladi, ya'ni

a) agar $x_1^2 > x_1^1$ bo‘lsa, u holda $u(x_1^2, x_2) > u(x_1^1, x_2)$ bo‘ladi,

b) agar $x_2^2 > x_2^1$ bo‘lsa, u holda $u(x_1, x_2^2) > u(x_1, x_2^1)$ bo‘ladi.

Birinchi tartibli xususiy hosilalar mahsulotlarning limit foydaliligini ifodalaydi: u_1' birinchi mahsulotning limit foydaliligi, u_2' esa ikkinchi mahsulotning limit foydaliligidir.

2. Har bir mahsulotning limit foydaliligi uning iste'mol miqdori ortishi bilan kamayadi (limit foydalilikning bu xususiyati uning kamayish prinsipi deb nomlanadi), ya'ni

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x_1^2} = u_{11}'' < 0, \quad \frac{\partial^2 u}{\partial x_2^2} = u_{22}'' < 0,$$

3. Har bir mahsulotning limit foydaliligi boshqa mahsulot miqdori oshganda ortadi, ya'ni

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x_1 \partial x_2} = u_{12}'' = \frac{\partial^2 u}{\partial x_2 \partial x_1} = u_{21}'' > 0.$$

Agar mahsulot miqdori chegaralangan bo‘lsa, u nisbatan kam topiladigan tovarga aylanadi. Shu sababli, uning qo‘shimcha miqdori ko‘proq ahamiyat kasb etadi va samaraliroq iste'mol qilinishi mumkin. Bu xususiyat har qanday tovar uchun ham doimo o‘rinli bo‘la olmaydi: agar tovarlar iste'mol jarayonida bir-birining o‘rnini to‘liq bosishi mumkin bo‘lsa, u holda yuqoridagi xossa o‘rinli bo‘lmaydi.

Birinchi mahsulot miqdori dx_1 ga kamaytirilganda, foydalilik darajasini avvalgi holatiga qaytarish uchun ikkinchi mahsulotni dx_2 ga oshirish talab etiladi. Shu tarzda birinchi mahsulot ikkinchisi bilan almashtirilgan hisoblanadi.

Foydalilik darajasi o‘zgarmas bo‘lganda, $\left|\frac{dx_2}{dx_1}\right| = m$ almashtirishning chegaraviy normasi deb yuritiladi.

Ma'lumki, $\frac{dx_2}{dx_1}$ miqdor $\frac{\Delta x_2}{\Delta x_1}$ nisbatga yaqin qiymatga ega. $-\frac{\Delta x_2}{\Delta x_1}$ kasr birinchi tovarni ikkinchi tovar bilan almashtirish normasi deb

ataladi. Bu ko‘rsatkich birinchi tovar iste’moli bir birlik o‘zgargan taqdirda (kamaygan yoki ko‘paygan), ikkinchi tovar iste’moli qancha miqdorda o‘zgarishi kerakligini ifodalaydi. Bunda asosiy shart – iste’molning umumiy foydalilik darajasi o‘zgarishsiz qolishidir.

Agar $u=(x_1;x_2)$ iste’mol funksiyasida x_1 va x_2 tovarlarning iste’moli mos ravishda dx_1 va dx_2 ga o‘zgarsa va ular bir xil befoyda chizig‘ida joylashgan bo‘lsa, u holda

$$\frac{\partial u}{\partial x_1}dx_1+\frac{\partial u}{\partial x_2}dx_2=0$$

tenglik o‘rinli bo‘ladi. Bundan almashtirishning chegaraviy normasi uchun quyidagi ifoda kelib chiqadi:

$$\frac{\partial u}{\partial x_1}/\frac{\partial u}{\partial x_2}=m$$

Bu ifoda shuni ko‘rsatadiki, almashtirishning chegaraviy normasi chegaraviy foydaliliklarning nisbati orqali ifodalanishi mumkin.

Foydalilik funktsiyasiga misol sifatida quyidagilarni keltirish mumkin.

$$u=(x_1,x_2)=a_1\ln(x_1-x_1^*)+a_2\ln(x_2-x_2^*)$$

Funksiya o‘rinli bo‘lsin, bunda $a_1>0,\quad a_2>0,\ x_1>x_1^*>0,\ x_2>x_2^*>0.$

Haqiqatan, $u_1'=\dfrac{a_1}{x_1-x_1^*}>0, u_2'=\dfrac{a_2}{x_2-x_2^*}>0,$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x_1^2}=-\frac{a_1}{(x_1-x_1^*)^2}<0,\ \frac{\partial^2 u}{\partial x_2^2}=-\frac{a_2}{(x_2-x_2^*)^2}<0$$

ga ega bo‘lamiz, ya’ni foydalilik funksiyasining 1 va 2-xossalari bajariladi. 3-xossa bajarilmaydi, chunki $u(x_1,x_2)$ funksiyaning ikkinchi tartibli xususiy hosilalari nolga teng.

Misol 3.1. Foydalilik funksiyasi:
$U(x_1,x_2)=x_1^{0.5}x_2^{0.5}$. Nuqta: $x_1=4,\ x_2=9$
Talab etilgan:

a) Limit foydaliliklarni hisoblang
b) Almashtirishning chegaraviy normasini (MRS) toping
c) Befarqlik egri chiziqni U=6 uchun ifodalang

Yechim:

a) Limit foydaliliklarni hisoblaymiz:

$$MU_1 = \frac{\partial U}{\partial x_1} = 0.5x_1^{-0.5}x_2^{0.5}, \qquad MU_2 = \frac{\partial U}{\partial x_2} = 0.5x_1^{0.5}x_2^{-0.5}$$

$x_1 = 4,\ x_2 = 9$ nuqtada:

$$MU_1 = 0.5(4)^{-0.5}(9)^{0.5} = 0.5 \cdot \frac{1}{2} \cdot 3 = 0.75$$

$$MU_2 = 0.5(4)^{0.5}(9)^{-0.5} = 0.5 \cdot 2 \cdot \frac{1}{2} \approx 0.333$$

b) Almashtirishning chegaraviy normasi:

$$MRS_{12} = -\frac{MU_1}{MU_2} = -\frac{0.75}{0.333} \approx -2.25$$

Bu shuni anglatadiki, 1-birlik birinchi tovarni 2.25 birlik ikkinchi tovar bilan almashtirish mumkin.

c) Befarqlik egri chiziq (U=6):

$$x_1^{0.5}x_2^{0.5} = 6 \Rightarrow x_1x_2 = 36 \Rightarrow x_2 = \frac{36}{x_1}$$

3.2-§. Iste'mol tanlovi funksiyasi, uning yechimi va xossalari

Iste'mol tanlovi modellari. Iste'molchi tanlov modeli (ordinalistik yondashuv) - bu iste'molchi bozor narxlari, daromad va boshqalar kabi cheklovlar mavjud bo'lganda ularning foydaliligini maksimal darajada oshirish uchun tovarlarni qanday qilib optimal tanlashi haqidagi utilitar kontseptsiyaning rasmiylashtirilgan tavsifi. Ordinalistik yondashuv, kardinalistik yondashuvdan farqli o'laroq, tovarlarning foydaliligini miqdoriy jihatdan o'lchab bo'lmasligini; tovarlarni faqat sifat jihatidan, ma'lum bir tartibda tartiblash mumkinligini taxmin qiladi.

Faraz qilaylik, p xil turdagi tovarlar mavjud. Ba'zi tovarlar to'plamini p o'lchovli vektor bilan belgilaymiz:

$$X = (x_1, x_2, \ldots, x_i, \ldots, x_p)$$

bu yerda x_i — to'plamdagi i-chi tovar miqdorini bildiradi.

Demak, har bir iste'molchi ikkita turli tovar to'plami orasidan qaysi biri unga ko'proq ma'qul yoki ular orasida farq yo'qligini aniqlay oladi.

Faraz qilaylik, iste'molchi tovarlar to'plamlari to'plamida quyidagi funksiyani aniqlagan:

$$U(X)=U(x_1,x_2,...,x_i,...,x_p)$$

Bu funksiya iste'molchi foydalilik funksiyasi yoki iste'molchi afzallik funksiyasi deb ataladi.

Amaliy masalalarda va iste'molchi tanlovi modellarida ko'pincha ikki tovarli to'plamlar holati ko'rib chiqiladi. Bunda befarqlik egri chizig'i tushunchasi kiritiladi — bu egri chiziq iste'molchining bir xil darajadagi ehtiyojni qondiradigan tovarlar to'plamlarini birlashtiradi.

Iste'mol nazariyasiga ko'ra, iste'molchi har doim o'z foydaliligini maksimallashtirishga intiladi, ammo uning imkoniyati daromadi (I) miqdori bilan cheklanadi — ya'ni u tovarlar to'plamini sotib olish uchun faqat shu miqdorni sarflashi mumkin.

Iste'molchi tanlovi masalasini ikki tovar to'plami uchun ko'rib chiqamiz: bunda $x^*=(x_1^*,x_2^*)$ to'plamni topish kerakki, $\mathrm{u}(x_1,x_2)\to\max$, quyidagi cheklovlar ostida:

$$p_1x_1+p_2x_2\le I,\qquad x_1\ge 0,\ \ x_2\ge 0.$$

Iste'molchi tanlovi masalasining yechimi x^* talab nuqtasi deyiladi. U narxlar p va daromad I ga bog'liq bo'ladi hamda narxlar va daromad funksiyasi, ya'ni talab funksiyasi hisoblanadi.

Misol 3.2. Ikki tovar uchun, ularning narxlari p_1 va p_2 daromad I berilgan bo'lsa, va foydalilik funksiyasi quyidagi ko'rinishga ega bo'lsa:

$$\mathrm{U}(x_1,x_2)=2x_1^{\frac{1}{3}}x_2^{\frac{2}{3}}$$

Masalani yechish uchun Lagranj ko'paytuvchilar usulidan foydalanamiz.

Talab funksiyasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$x_1^*=\frac{I}{3p_1},\qquad x_2^*=\frac{2I}{3p_2},$$

Shunday qilib, birinchi tovar uchun xarajat iste'molchining daromadining $\frac{1}{3}$ qismini, ikkinchi tovar uchun esa $\frac{2}{3}$ qismini tashkil etadi.

3.3-§. Tovarlar bir-birining o‘rnini bosishi. Kompensatsiya samarasi

Agar talab funksiyasi $x_i = \dfrac{I}{np_i}$ ko‘rinishida bo‘lsa, u holda i-chi tovarga bo‘lgan talab boshqa tovarlar narxiga bog‘liq bo‘lmasdan, faqat o‘z narxi va daromadga bog‘liq bo‘ladi. Umuman olganda, kesishuvchi talab funksiyalari tovarlarning bir-birini almashtirishi yoki bir-birini to‘ldirishi kabi xususiyatlarini aks ettiradi. Agar i-chi tovar narxi oshganda unga talab kamaysa va shu bilan birga j-chi tovarga talab oshsa, bu tovarlar bir-biriga alternativ (o‘rni bosadigan) tovarlardir. Aksincha, agar j-chi tovarga talab ham kamaysa, bu tovarlar bir-birini to‘ldiradi, ya’ni birgalikda iste’mol qilinadi.

Shuni ta’kidlash kerakki, amalda bir-birini almashtirish xususiyati i-chi tovar narxi oshganda umumiy farovonlikning pasayishi tufayli buzilishi mumkin: iste’mol jarayonida j-chi tovar i-chi tovarning o‘rnini bossada, unga talab oshmasligi mumkin, chunki iste’molchining real daromadi va farovonlik darajasi pasaygan. Bu holatni hisobga olish uchun narxlarning kompensatsiyalangan o‘zgarishi tushunchasidan foydalaniladi. Bunda iste’molchining dastlabki farovonlik darajasini saqlab qolish uchun unga qo‘shimcha daromad beriladi, shu orqali narx o‘zgarishining sof ta’siri aniqlanadi.

Kompensatsiya ta’sirini tahlil qilish uchun quyidagi misolni ko‘rib chiqaylik.

Misol 3.3. Dastlab, quyidagi

$$u(x_1, x_2) = x_1 \cdot x_2 \ (\max)$$
$$p_1 x_1 + p_2 x_2 < I,$$
$$x_1 > 0, \ \ x_2 > 0.$$

masalani tovarlar narxlari $p_1 = 10$, $p_2 = 2$ va iste’molchi daromadi $I = 60$ bo‘lganda hisoblaymiz. Ushbu $x_1 = \dfrac{I}{2p_1}$, $x_2 = \dfrac{I}{2p_2}$, formula asosida,

$x_1 = \dfrac{60}{2 \cdot 10} = 3, \quad x_2 = \dfrac{60}{2 \cdot 2} = 15$ va $u(x_1, x_2) = 45$ ekanligi topiladi.

Endi, ikkinchi tovar narxi p_2 2 birlikdan 7 birlikka o‘zgarsin. Kompensatsiya miqdori qanday bo‘lishi kerak? Ishte’molchiga oldingi optimal to‘plamni sotib olish uchun qo‘shimcha $(7-2)\cdot 15=75$ birlik mablag‘ kerak. Biroq, oldingi iste’mol tarkibi yangi narxlarda optimal emas, chunki bu holatda:

$$x_1=\frac{60+75}{2\cdot 10}=6{,}75,\ x_2=\frac{60+75}{2\cdot 7}\approx 9{,}64 \text{ va } \mathrm{u}(x_1,x_2)\approx 65 \text{ bo‘ladi.}$$

Iste’molchi farovonligini dastlabki darajada saqlash uchun unga qo‘shimcha M miqdor mablag‘ berilsin. Yangi narxlarda birinchi va ikkinchi tovarlarga talab mos ravishda $x_1=\frac{60+M}{2\cdot 10}$ va $x_2=\frac{60+M}{2\cdot 7}$ ga teng bo‘ladi. Maqsad funksiyasi $x_1\cdot x_2$ ifodasi $\frac{(60+M)^2}{2\cdot 10\cdot 7}$ ga teng bo‘lib, bu qiymat boshlang‘ich $\mathrm{u}(x_1,x_2)=45$ qiymatiga teng bo‘lishi talab etiladi. Bundan $M\approx 52{,}25$ ekanligi kelib chiqadi, bu esa 75 dan sezilarli darajada kam.

3.4-§. Ishlab chiqarish funksiyalari: mohiyati, turlari (Kobb-Duglas, CES, Leontyev)

Bir o‘zgaruvchili ishlab chiqarish funksiyasi tushunchasi. Ishlab chiqarish funksiyasi — bu mustaqil o‘zgaruvchi, ya’ni sarflanayotgan yoki foydalanilayotgan resurs (ishlab chiqarish omili) hajmini bildiruvchi miqdorni qabul qiluvchi, bog‘liq o‘zgaruvchi esa ishlab chiqarilayotgan mahsulot hajmini ifodalovchi funksiya hisoblanadi.

$$y=f(x) \qquad (3.1)$$

(3.1)-formulada $x(x>0)$ va $y(y>0)$ — son qiymatlar, ya’ni $y=f(x)$ bitta o‘zgaruvchili funksiya. Shu sababli, ishlab chiqarish funksiyasi (IChF) bir turdagi resursning ishlab chiqarilgan mahsulot hajmiga ta’sirini ifodalaydi. x ning aniqlanish sohasi — manfiy bo‘lmagan haqiqiy sonlar to‘plami (ya’ni $x>0$). Shunday qilib, agar ma’lum bir resurs ishlab chiqarishda ishlatilayotgan bo‘lsa, u holda mahsulot hajmi quyidagicha aniqlanadi:

$$y = f(x)$$

Bu holda $f(x)$ — ishlab chiqarish tizimining (yoki ishlab chiqarish funksiyasining) tavsiflovchi funksiyasi bo‘lib, resursni mahsulotga aylantiradi.

Har doim bog‘liqlik belgilari orasida — mustaqil x va bog‘liq y o‘zgaruvchilar orasida — ishlab chiqarish funksiyasi o‘rnatiladi. Mikroiqtisodiyotda qabul qilinganidek, y— maksimal ishlab chiqarish hajmi, ya’ni berilgan resurs miqdorida olinishi mumkin bo‘lgan eng yuqori natija.

Makroiqtisodiyotda esa ishlab chiqarish funksiyasi bir nechta resurslardan birgalikda foydalanishni ifodalaydi, ya’ni turli omillar bir vaqtning o‘zida mahsulot ishlab chiqarish jarayoniga ta’sir qiladi. Bu holda ishlab chiqarish funksiyasi quyidagicha yoziladi: $y = f(x_1, x_2, ..., x_n, a)$

bu yerda a — IChF parametrlarining vektori.

Masalan, agar ishlab chiqarish funksiyasi $y = ax^b$ shaklida bo‘lsa, bu yerda x — bitta resurs (masalan, mehnat resursi), y — ishlab chiqarilgan mahsulot hajmi (masalan, mahsulot birligi), a va b — musbat sonlar bo‘lib, $0 < b \le 1$. Shunda parametrlar vektori ikki o‘lchovli bo‘ladi a, b.

Ishlab chiqarish funksiyasi grafigi

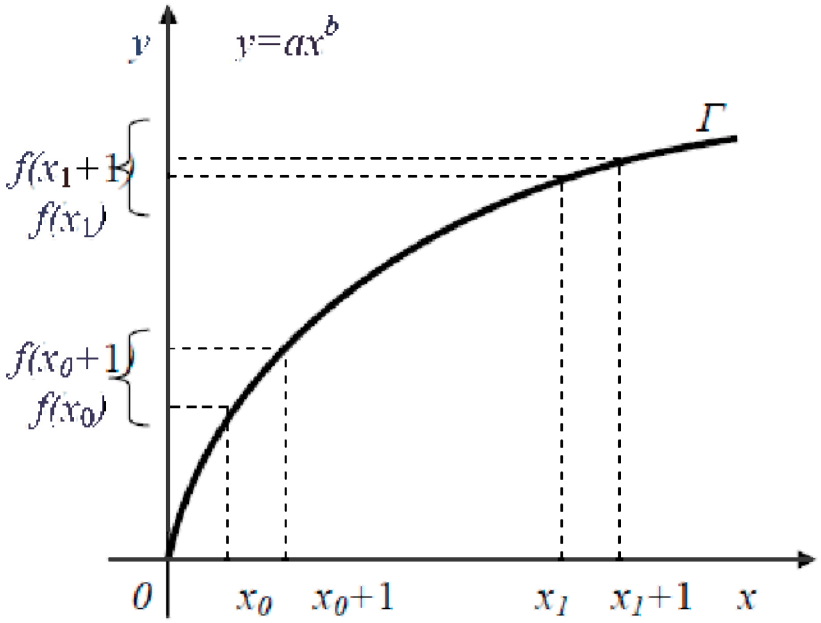
$$y = ax^b$$

3.1-rasmda keltirilgan.

Grafikdan ko‘rinib turibdiki, sarflanayotgan resurs miqdori x ortishi bilan ishlab chiqarilgan mahsulot hajmi y ham oshadi, biroq har bir qo‘shimcha sarflangan resurs birligi mahsulot hajmining tobora kamroq o‘sishini ta’minlaydi.

Bu holat (ya’ni x o‘sishi bilan y ortadi, ammo o‘sish sur’ati sekinlashadi) iqtisodiyot nazariyasining muhim qonunlaridan biri — kamayuvchi samaradorlik qonuni (yoki kamayuvchi qaytish qonuni) deb ataluvchi tamoyilni aks ettiradi.

Demak, $y = ax^b$ funksiyasi umumiy turdagi ishlab chiqarish funksiyalarining keng sinfiga mansub tipik vakilidir.



3.1-rasm *(Rasmda $y = ax^b$ funksiyasi grafigi tasvirlangan. Grafikda x_0, x_0+1, x_1, x_1+1 nuqtalaridagi ishlab chiqarish hajmi va o'sish sur'atlari ko'rsatilgan.)*

Ishlab chiqarish funksiyalari turli darajalarda qo'llanishi mumkin. Avvalo, ularni mikroiqtisodiy darajada ko'rib chiqamiz.

Funksiya $y = ax^b$, ilgari qayd etilganidek, ma'lum vaqt davomida (masalan, bir yil ichida) sarflanayotgan yoki foydalanilayotgan resurslar miqdori bilan ishlab chiqarilgan mahsulot hajmi o'rtasidagi bog'liqlikni ifodalaydi.

Shunday qilib, mikroiqtisodiy darajada bu funksiya bir korxona yoki ishlab chiqarish tizimi uchun mehnat unumdorligi funksiyasi (MUF) sifatida qaraladi.

Makroiqtisodiy darajada esa ishlab chiqarish funksiyasi butun mamlakat iqtisodiyotini yoki tarmoq darajasidagi ishlab chiqarish tizimini ifodalashi mumkin. Bu holda ishlab chiqarish funksiyasi milliy daromad, ishlab chiqarish hajmi, tarmoq mahsuldorligi kabi ko'rsatkichlarni tahlil qilishda qo'llaniladi.

Ishlab chiqarish funksiyasi (IChF) yillik mehnat sarflari bilan ma'lum bir hudud yoki butun mamlakat miqyosidagi yakuniy mahsulot hajmi (yoki milliy daromad) o'rtasidagi bog'liqlikni tasvirlash uchun ham qo'llanilishi mumkin.

Bu holatda ishlab chiqaruvchi tizim sifatida mintaqa yoki butun mamlakat qaraladi. Shu bois bunday IChF makroiqtisodiy darajadagi ishlab chiqarish funksiyasi (MAIChF) deb ataladi.

MAIChF — bu iqtisodiy tahlil, rejalashtirish va bashoratlash jarayonlarida asosiy vosita bo‘lib xizmat qiladi.

Mikroiqtisodiy darajada, xarajatlar va ishlab chiqarish hajmi inson-soatlarda (ya’ni insonning sarflagan ish vaqti miqdorida) yoki ish haqi shaklida (pul ifodasida) o‘lchanadi.

Mahsulot hajmi esa natural birliklarda (masalan, tonna, dona, metr, gektar va hokazo) yoki pul birliklarida (qiymat ko‘rsatkichida) ifodalanadi.

Makroiqtisodiy darajada esa xarajatlar ham, ishlab chiqarish hajmi ham, odatda, pul ko‘rsatkichlarida o‘lchanadi.

Bu holda xarajatlar barcha turdagi sarflar (mehnat, kapital, xom ashyo, energiya va hokazo) yig‘indisini bildiradi, ishlab chiqarish hajmi esa yakuniy mahsulot qiymati sifatida olinadi.

Ko‘p o‘zgaruvchili ishlab chiqarish funksiyasi. Bir nechta o‘zgaruvchili ishlab chiqarish funksiyasi — bu shunday funksiya bo‘lib, u bir nechta mustaqil o‘zgaruvchilar (resurslar) qiymatiga bog‘liq.

$$y = f(x_1, x_2, ..., x_n) \qquad (3.2)$$

bu yerda, y — ishlab chiqarilgan mahsulot hajmi, $x_1, x_2, ..., x_n$ — turli resurslarning (masalan, mehnat, kapital, xom ashyo va boshqalar) sarflari, $x = (x_1, x_2, ..., x_n)$ — vektor shaklida yozilgan.

Shunday qilib, $f(x_1, x_2, ..., x_n)$ funksiyasi ko‘p o‘zgaruvchili ishlab chiqarish funksiyasi (KO‘IChF) deyiladi.

Agar parametrlar to‘plami ham mavjud bo‘lsa, funksiya quyidagicha yoziladi:

$$y = f(x_1, x_2, ..., x_n, a)$$

bu yerda a — ishlab chiqarish funksiyasining parametrlar vektori.

Funksiya $y = f(x_1, x_2)$ statik deyiladi, agar f va uning parametrlari va xususiyatlari t vaqtga bog‘liq bo‘lmasa, ya’ni resurslar hajmi va ishlab chiqarish hajmi vaqtga bog‘liq bo‘lishi mumkin, ammo funksiya shakli o‘zgarmaydi. Bunday hollarda ular vaqt qatorlari shaklida ifodalanadi:

$$x_1(0), x_1(1), \ldots, x_1(T);\ x_2(0), x_2(1), \ldots, x_2(T);\ y(0), y(1), \ldots, y(T);$$
$$y(t) = f(x_1(t), x_2(t))$$

bu yerda t – yil tartib raqami (ya'ni vaqt bosqichi), $t = 0,1,2,\ldots,T$, $t = 0$ – vaqt oralig'ining boshlang'ich (bazaviy) yili, T – umumiy davr yillari soni.

Misol 3.4. Alohida bir mintaqani yoki butun mamlakatni modellashtirishda (ya'ni mikroiqtisodiy yoki makroiqtisodiy darajada muammolarni yechishda) ko'pincha quyidagi turdagi ishlab chiqarish funksiyasi (IF) ishlatiladi:

$$y = a_0 x_1^{a_1} x_2^{a_2}$$

bu yerda a_0, a_1, a_2 – IF parametrlari. Ushbu musbat doimiy kattaliklar (ko'pincha a_1 va a_2 shundayki, $a_1 + a_2 = 1$) bilan ifodalangan funksiya Kobb–Duglas ishlab chiqarish funksiyasi (KDIF) deb ataladi.

Bu funksiya ikki amerikalik iqtisodchi Kobb va Duglas tomonidan 1929-yilda taklif qilingan bo'lib, iqtisodiy jarayonlarni tavsiflashda keng qo'llaniladi, chunki u o'zining qulay matematik xususiyatlari bilan ajralib turadi.

Agar $x_1 = K$ — asosiy kapital (asosiy fondlar), $x_2 = L$ — mehnat sarfi deb olinsa, unda Kobb–Duglas ishlab chiqarish funksiyasi quyidagicha yoziladi:

$$Y = a_0 K^{a_1} L^{a_2}$$

Bu shakl iqtisodiy adabiyotlarda eng ko'p ishlatiladigan ishlab chiqarish funksiyalaridan biridir.

Agar ishchilar soni va ularning malakasi o'zgarmasdan qolsa, biroq ular xizmat ko'rsatayotgan dastgohlar soni (bu allaqachon yetarlicha katta bo'lsa ham) masalan, ikki baravar oshirilsa, bu, tabiiyki, ishlab chiqarish hajmining ikki baravar ortishiga olib kelmaydi.

Shuni ta'kidlash kerakki, agar $a_1 + a_2 < 1$ bo'lsa, unda Kobb–Duglas ishlab chiqarish funksiyasining grafigi yuqoriga bo'rtib chiqqan "tepalik"ni eslatadigan sirt shaklida bo'ladi. Agar nuqta (x_1, x_2) koordinatalar tekisligida Ox_1x_2 o'qi bo'yicha "shimoli-sharq" tomonga siljisa, bu "tepalik"ning tikligi kamayadi.

3.5-§. Ishlab chiqarish funksiyasining o‘rtacha va limit qiymatlari

Faraz qilaylik, $y = f(x_1, x_2)$ — ishlab chiqarish funksiyasi (IF) bo‘lsin. Ulush $\frac{f(x)}{x_i}$ $(i = 1,2)$ i-chi resursning (ishlab chiqarish omilining) o‘rtacha unumdorligi yoki i-chi resurs (ishlab chiqarish omili) bo‘yicha o‘rtacha ishlab chiqarish hajmi deyiladi:

$$A_i = \frac{y}{x_i}$$

Eslatib o‘tamiz, agar ishlab chiqarish funksiyasi ikki omilli Kobb–Duglas funksiyasi bo‘lsa, ya’ni

$$Y = a_0 K^{a_1} L^{a_2}$$

unda kapital va mehnatning o‘rtacha unumdorligi mos ravishda

$$\frac{Y}{K} \text{ va } \frac{Y}{L}$$

ko‘rinishida bo‘ladi. Shunga mos ravishda bu yerda “kapital unumdorligi” va “mehnat unumdorligi” atamalari ishlatiladi. Bu atamalar, umuman olganda, har qanday ikki omilli ishlab chiqarish funksiyalariga ham tegishlidir, bunda $x_1 = K$ $x_2 = L$.

Faraz qilaylik,

$$y = f(x_1, x_2) = f(x)$$

ishlab chiqarish funksiyasi.

Uning x_i bo‘yicha birinchi tartibli xususiy hosilasi

$$\frac{\partial f(x)}{\partial x_i} \ (i = 1,2)$$

i-chi resursning chegara (marjinal) unumdorligi yoki i-chi omil (resurs) bo‘yicha qo‘shimcha ishlab chiqarish hajmi deyiladi:

$$M_i = \frac{\partial f(x)}{\partial x_i} \ (i = 1,2)$$

Quyidagicha belgilanadi: Δx_1 va Δx_2 — birinchi va ikkinchi resurslarning o‘zgarishlari, mos ravishda.

$$\Delta f(x_1, x_2) = f(x_1 + \Delta x_1, x_2 + \Delta x_2) - f(x_1, x_2)$$

ishlab chiqarish funksiyasining o‘zgarishi (ya’ni chiqish hajmidagi o‘zgarish).

Kichik Δx_i lar uchun bu o‘zgarish quyidagicha ifodalanadi:

$$\Delta f(x_1, x_2) \approx \frac{\partial f(x)}{\partial x_1}\Delta x_1 + \frac{\partial f(x)}{\partial x_2}\Delta x_2$$

Demak, ishlab chiqarish funksiyasi (taxminan) shuni ko‘rsatadiki, har bir *i*-chi resurs miqdori Δx_i birlikka o‘zgarganda ishlab chiqarish hajmi $\frac{\partial f(x)}{\partial x_i}\Delta x_i$ ga ortadi (yoki kamayadi).

Agar o‘zgarishlar juda kichik, ya’ni cheksiz kichik qiymatlar bilan chegaralangan bo‘lsa — $\Delta f(x)$ va Δx_i bu munosabat aniq bo‘ladi.

Ko‘rsatilgan holat iqtisodiy ma’noda chegaraviy ishlab chiqarish funksiyasi $\frac{\partial f(x)}{\partial x_i}$ ning mazmunini tushunish uchun muhimdir. Boshqa chegaraviy kattaliklar bilan ham shunday yo‘l tutish kerak.

Masala 3.5. Ishlab chiqarish funksiyasi

$$Y = a_0 x_1^{\alpha_1} x_2^{\alpha_2}$$

uchun A_1, A_2, M_1 va M_2 ni aniq ko‘rinishda topish kerak bo‘lsin.

Masalaning yechimi.

Bizda:

$$A_1 = \frac{y}{x_1} = \frac{f(x)}{x_1} = a_0 x_1^{\alpha_1 - 1} x_2^{\alpha_2},\ A_2 = \frac{y}{x_2} = \frac{f(x)}{x_2} = a_0 x_1^{\alpha_1} x_2^{\alpha_2 - 1},\ M_1 = \frac{\partial f(x)}{\partial x_1} = a_1 A_1,$$

$$M_2 = \frac{\partial f(x)}{\partial x_2} = a_2 A_2$$

Shundan kelib chiqadiki:

$$\frac{M_1}{A_1} = a_1 \le 1 \Rightarrow M_1 \le A_1,\quad \frac{M_2}{A_2} = a_2 \le 1 \Rightarrow M_2 \le A_2$$

Demak, ishlab chiqarish funksiyasi $y = f(x)$ (nafaqat berilgan ko‘rinish uchun) uchun tengsizliklar

$$M_1 \le A_1,\ \ M_2 \le A_2\ \ (i = 1,2)$$

odatda bajariladi.

Ya’ni, *i*–resursning chegaraviy ishlab chiqaruvchanligi odatda shu resursning o‘rtacha ishlab chiqaruvchanligidan katta bo‘lmaydi.

Nazorat uchun savollari

1. Iste'mol tanlovi modeli deb nimaga aytiladi va iste'mol to'plami nima?
2. Iste'molchi tanlovining mohiyati nimada. Iste'molchining foydalilik funksiyasi deb nimaga aytiladi va iste'molchi ehtiyojlarini qondirish darajasi nima?
3. Foydalilik funksiyasi qanday xossalarga ega. Mahsulotning limit foydaliligi deb nimaga aytiladi?
4. Iste'mol tanlovi masalasi, budjet cheklovi, iste'molchining lokal bozor muvozanati nima?
5. Iste'mol tanlovi masalasini qaysi masala bilan almashtirish mumkin va nima uchun?
6. Iste'mol tanlovi masalasini yechish uchun Lagranj usuli qanday qo'llaniladi. Talab funksiyasi deganda nima tushuniladi?
7. Narxning kompensatsiyalangan o'zgarishi nima va u qaysi maqsad uchun ishlatiladi?
8. Kompensatsiya samaralari haqida nima bilasiz. Qaysi shartlarda tovarlar bir-birining o'rnini bosuvchi, qaysilarida esa bir-birini to'ldiruvchi bo'ladi?
9. Iste'molchi farovonligining awalgi darajasini ushlab turishi uchun qo'shinicha pul birligi miqdori qanday aniqlaniladi?
10. Ishlab chiqarish fimksiyasi nima va undan qanday maqsadda foydalaniladi?
11. Ishlab chiqarish funksiyalarining qcrllanilish sohalari haqida nima bilasiz. statik va dinamik ishlab chiqarish funksiyalari nimani anglatadi?
12. Kobb-Duglas ishlab chiqarish fiuiksiyasi haqida nima bilasiz?
13. Ishlab chiqarish funksiyalari qanday xossalarga ega?
14. O'rtacha samaradorlik deganda nimani tushunasiz va u qanday aniqlaniladi?
15. Resurslarning limit samaradorligi nima va u qanday aniqlaniladi?
16. Almashtirishning limit normasi nima va u qanday aniqlaniladi?
17. Iqtisodiyotda yechiladigan masalalar vaqt omiliga bog'liq ravishda qanday turkumlanadi?

IV BOB. ISHLAB CHIQARISH FUNKSIYALARI ASOSIDA IQTISODIY O‘SISHNI TAHLIL QILISH

4.1.-§. Iqtisodiy o‘sish jarayonlarini ishlab chiqarish funksiyalari yordamida tadqiq qilish

Ishlab chiqarish jarayonini kuzatish shuni ko‘rsatadiki, mahsulot yaratishda xom ashyo, mehnat resurslari, texnologik vositalar, elektr energiyasi, asosiy fondlar va boshqa resurslar to‘g‘ridan-to‘g‘ri ishtirok etadi va mahsulot hajmiga ta’sir ko‘rsatadi. Mahsulot miqdori bilan uning ishlab chiqarilishiga sarflangan resurslar o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlikni ishlab chiqarish funktsiyasi orqali ifodalash mumkin. Ishlab chiqarish funktsiyasi umumiy shaklda quyidagicha yoziladi:

$$y = f(x_1, x_2, ..., x_m)$$

bu yerda y - ishlab chiqarilgan mahsulot miqdori; x_i – turli resurslarning sarfi miqdori.

Iqtisodiy jarayonlarni modellashtirishda eng muhim bosqich - funktsiya va omillar o‘rtasidagi bog‘liqlik shaklini to‘g‘ri tanlashdan iborat. Bunga erishish uchun mantiqiy fikrlash asosida yoki amaliy tajriba va eksperimentlar natijalariga tayangan holda ishlaniladi.

Turli bog‘liqlik variantlari orasidan modellashtirilayotgan iqtisodiy jarayonga eng mos keladigan ishlab chiqarish funktsiyasini tanlash, obyektning texnologik, fizikaviy-biologik va agrotexnologik xususiyatlarini chuqur o‘rganish asosida amalga oshiriladi.

Funktsiya va dalillar o‘rtasidagi bog‘liqlikni aniqlash, avvalo, mazkur iqtisodiy jarayonga mos keladigan empirik formulani topishni nazarda tutadi. Empirik formula bog‘liqlik xususiyatining yaqinlashish ifodasi hisoblanadi, shu sababli tanlangan ishlab chiqarish funktsiyasi dalillar bilan o‘rganilayotgan bog‘liqlik qonuniyatini nisbatan ifodalaydi, bu esa nazariy ishlab chiqarish funktsiyasiga o‘tish zarurligini ko‘rsatadi.

Empirik bog‘liqlikdan nazariy funktsiyaga o‘tish eng kichik kvadratlar usuli orqali amalga oshiriladi. Ushbu usulning mohiyati shundan iboratki, parametrlarni shunday topish kerakki, funktsiyaning hisoblangan qiymatlari bilan uning haqiqiy qiymatlari orasidagi farqlar

kvadratlarining yig‘indisi eng kichik bo‘lsin. Bu quyidagicha ifodalanadi:

$$S(x) = \sum_{i=1}^{n} (y - y_i)^2 \to \min$$

Agar regressiya tenglamasi to‘g‘ri tanlangan bo‘lsa, bog‘liqlikning nazariy shakli o‘rganilayotgan aloqa qonuniyatlarini juda aniq aks ettiradi.

Ishlab chiqarish funktsiyalari matematik ifodalash turiga ko‘ra chiziqli, darajali, parabolik, ko‘rsatkichli va boshqa ko‘rinishda bo‘lishi mumkin. Ushbu funktsiyalarning ayrim turlarini ko‘rib chiqamiz.

Chiziqli funktsiya:

$$y = a_0 + a_1 x$$

Bu funktsiya bir jinsli bo‘lib, omil-ta’sirlarning doimiy limitli samaradorligi bilan tavsiflanadi. Umuman iqtisodiyot uchun chiziqli bog‘lanish ham xarakterli bo‘lib, faqat ma’lum sohalarda chiziqli ko‘rinishga keltiriladi.

Darajali funktsiya:

$$y = ax^b$$

bu yerda y– ishlab chiqarilgan mahsulot; x– ishlab chiqarish resurslari sarfi; b– ishlab chiqarish samaradorligining o‘zgarish ko‘rsatkichi; a– erkin parametr.

Mazkur funktsiya qo‘shimcha mahsulotning qo‘shimcha xarajat birligiga nisbatan doimiy ravishda o‘sishi yoki kamayishini nazarda tutadi, lekin u qo‘shimcha mahsulotning bir vaqtning o‘zida ham kamayishi ham o‘sishiga imkon bermaydi. Buni funktsiyaning birinchi tartibli hosilasida ko‘rish mumkin:

$$y' = bax^{b-1}$$

Kobb-Duglas tipidagi darajali funktsiya eng ko‘p tarqalgan va universal funktsiya hisoblanadi. U quyidagi ko‘rinishga ega:

$$y = a\prod_{i=1}^{n} x_i^{\alpha_i}$$

bu yerda y – natijaviy ko‘rsatkich; x_I – erkin o‘zgaruvchi miqdor; a=const, α_i= const.

Ushbu funktsiya parametrlari bir vaqtda elastiklik koeffitsiyentlariga tengdir. Elastiklik koeffitsiyentlarining iqtisodiy mazmuni shundan iboratki, ular erkli o‘zgaruvchilar (x) bir foizga o‘zgarganda natijaviy ko‘rsatkich (y) qanday o‘zgarishini ko‘rsatadi. Darajali funktsiya xarajatlar o‘rtacha bo‘lganda resurslarning unumdorligini tadqiqotchi qiziqtirgan hollarda qo‘llanilishi ko‘zda tutiladi. Uning shakli mahsulot ishlab chiqarishda ma’lum resurslar - mehnat, ishlab chiqarish fondi va tabiiy resurslarning ishtirokini shart qiluvchi xususiyatlarni aks ettiradi. Bu mazkur funktsiyaning turli iqtisodiy jarayonlarni ifodalashda keng qo‘llanilishini ta’minlaydi.

Ishlab chiqarish funktsiyalarining xususiyatlari

Ishlab chiqarish funktsiyalarini iqtisodiy va matematik jihatdan o‘rganish funktsiyaning mazmuni va shakliga bog‘liq bo‘lgan bir qator ko‘rsatkichlarni olish va tahlil qilish imkonini beradi. Shu orqali o‘rganilayotgan bog‘liqlikning xususiyatlari to‘g‘risida qimmatli xulosalar chiqarish mumkin bo‘ladi. Ishlab chiqarish funktsiyasini o‘rganish jarayonida ayrim ishlab chiqarish omillarining samaradorligini baholash, bir xil omillarning boshqa omillar o‘rnini bosishi, texnika taraqqiyoti kabi muhim masalalar yuzaga keladi.

Ushbu ko‘rsatkichlar uchun eng keng qo‘llaniladigan funktsiyalardan biri - Kobb-Duglas funktsiyasi misolida tahlil qilamiz.

Faraz qilaylik, ishlab chiqarilgan mahsulot qiymatining ikkita asosiy omilga bog‘liqligini o‘rganayotgan bo‘lsak: mehnat xarajatlari va ishlab chiqarish fondlarining umumiy hajmi. Bog‘lanish shakli ishlab chiqarish funktsiyasi orqali tekshiriladi:

$$y = a_0 x_1^{a_1} x_2^{a_2} \qquad (4.1)$$

bu yerda y- ishlab chiqarilgan mahsulot hajmi, x_1 - mehnat xarajatlari, x_2 - ishlab chiqarish fondlarining hajmi. a_0, a_1, a_2 miqdorlari ishlab chiqarish funktsiyasining parametrlari, ularning qiymati statistik ma’lumotlar asosida korrelyatsion usul yordamida aniqlanadi. Bunda $0 < a_1, a_2 < 1$.

Daraja funksiyaning har ikkala tomonini logariflash natijasida chiziqli ko‘rinishga keltirish mumkin:

$$\log y = \log a_0 + a_1 \log x_1 + a_2 \log x_2 \qquad (4.2)$$

Birinchi navbatda, ishlab chiqarish funktsiyasi (4.1) asosida ishlab chiqarilgan mahsulot qiymatining umumiy mehnat xarajatlariga nisbati sifatida mehnat samaradorligi ko‘rsatkichini aniqlaymiz:

$$\frac{y}{x_1} = a_0 x_1^{a_1 - 1} x_2^{a_2} \tag{4.3}$$

Yuqoridagi tenglama mehnatning o‘rtacha samaradorligini, ishlab chiqarish vaqt birligiga to‘g‘ri keladigan o‘rtacha mahsulot hajmini ifodalaydi. $0 < a_1 < 1$ bo‘lganligidan, tenglamaning o‘ng tomonidagi x_1 uchun $(a_1 - 1)$ darajasi manfiy qiymatga ega. Natijada, ishchi kuchining ko‘payishi (x_1 qiymatining o‘sishi) bilan mehnatning o‘rtacha unumdorligi kamayadi.

Tenglama (4.3) ga ko‘ra, boshqa resurslar, xususan ishlab chiqarish fondlari x_2 o‘zgarmagan holda, mehnat xarajatlarining o‘sishi mehnat unumdorligining pasayishiga olib keladi. (4.3) da ko‘rsatilganidek, ishlab chiqarish fondlarining ko‘payishi esa mehnat unumdorligining oshishiga sabab bo‘ladi.

Ishlab chiqarish funktsiyalarini tahlil qilishda o‘rtacha ko‘rsatkichlar bilan bir qatorda chegaraviy qiymatlar ham muhim ahamiyatga ega. Shunday qilib, chegaraviy mehnat unumdorligi qo‘shimcha mahsulot birligini ishlab chiqarish uchun sarflanishi kerak bo‘lgan qo‘shimcha mehnat birliklarini ko‘rsatadi. Chegaraviy mehnat unumdorligi tenglamasi ishlab chiqarilgan mahsulotning mehnat xarajatlari bo‘yicha maxsus hosilasi sifatida hisoblanadi:

$$\frac{\partial y}{\partial x_1} = a_0 a_1 x_1^{a_1 - 1} x_2^{a_2} \tag{4.4}$$

(4.4) ifodadan ko‘rinib turibdiki, chegaraviy mehnat unumdorligi, shuningdek o‘rtacha mehnat unumdorligi kabi, mehnat xarajatlarining umumiy miqdori x_1 va qo‘llanilayotgan ishlab chiqarish fondlari x_2 ga bog‘liqdir. Doimiy fondlar sharoitida mehnat xarajatlarining ko‘payishi bilan chegaraviy mehnat unumdorligi pasayadi. Fondlar hajmining oshishi bilan esa chegaraviy mehnat unumdorligi ortadi.

(4.3) va (4.4) tenglamalardan, quyidagi munosabatga ega bo‘lamiz:

$$\frac{\partial y}{\partial x_1} = a_1 \frac{y}{x_1} \tag{4.5}$$

Qo‘shimcha xarajat birliklari bo‘yicha ishlab chiqarishning mutloq o‘sishiga teng bo‘lgan mehnat resurslaridagi nisbiy yuqori o‘sish sur’ati bilan ishlab chiqarish hajmining nisbiy o‘sishini tavsiflovchi ko‘rsatkichni aniqlash juda qiziqarlidir. Buning uchun chegaraviy mehnat unumdorligini y mahsulot miqdoriga bo‘lib, mehnat xarajatlari x_1 ga ko‘paytirish talab etiladi. (4.5) dan quyidagi ifodani olamiz:

$$\frac{\partial y}{\partial x_1} \cdot \frac{x_1}{y} = a_1 \tag{4.6}$$

Olingan ko‘rsatkich mehnat xarajatlari bo‘yicha mahsulot ishlab chiqarishning elastikligi deb nomlanadi. Bu mehnat xarajatlarning 1% o‘sishi bilan mahsulot ishlab chiqarish hajmining qancha oshayotganligini ko‘rsatadi. Ko‘rib turganimizdek, absolyut chegaraviy ishlab chiqarish unumdorligidan farqli o‘laroq, nisbiy chegaraviy unumdorlik resurslar hajmidan bog‘liq emas va ularning har qanday kombinatsiyasi uchun mehnat xarajatlarning 1% ga oshishi ishlab chiqarishni a_1% oshishiga olib keladi.

Xuddi shunday ko‘rsatkichlar (4.1) funktsiyaning ikkinchi omil - ishlab chiqarish fondlariga nisbatan ham hisoblab chiqilishi mumkin:

$$\frac{\partial y}{\partial x_2} \cdot \frac{x_2}{y} = a_2 \tag{4.7}$$

Ishlab chiqarish funktsiyasi ma’lum bir mahsulot hajmi va boshqa resurslar qiymatini aniqlash uchun kerakli resurs miqdorini hisoblash imkoniyatini beradi. (4.1) tenglamasiga asoslanib, mehnat resurslariga bo‘lgan ehtiyoj quyidagicha ifodalanadi:

$$X_1 = \left(\frac{y}{a_0 \cdot x_2^{a_2}} \right)^{\frac{1}{a_1}}$$

Xuddi shunday, belgilangan mahsulot hajmi va mehnat resurslari uchun ishlab chiqarish fondlariga bo‘lgan talab aniqlanadi.

Shu vaqtgacha har bir resurs turi bo‘yicha ko‘rsatkichlar alohida ko‘rib chiqildi. Ishlab chiqarish funktsiyasi resurslar o‘rtasidagi

bog‘liqlik, o‘zaro almashtirish va qo‘shma ta’sir masalalarini o‘rganish imkoniyatini yaratadi.

x_2 ning x_1 ga nisbatini hisoblab, fondlar sig‘imi kabi muhim iqtisodiy ko‘rsatkichni aniqlash mumkin. O‘zaro bog‘liq resurslar bir-birini almashtirishi mumkin. Bu shuni anglatadiki, ishlab chiqarish hajmini o‘zgarmas saqlash uchun, ma’lum miqdordagi bir resursni boshqa resurs bilan almashtirish mumkin.

Ishlab chiqarish funktsiyasi asosida resurslarni bir-biriga almashtirishning chegaraviy normasini hisoblash mumkin. Masalan, mehnat xarajatlarini ishlab chiqarish fondlari bilan almashtirishning chegaraviy normasi (4.1) funktsiya uchun quyidagi formula orqali ifodalanadi:

$$\frac{\partial x_2}{\partial x_2} = -\frac{a_1 x_2}{a_2 x_1} \tag{4.8}$$

Ifodadagi minus belgisi, ishlab chiqarish hajmini o‘zgarmas saqlash sharti bilan bir resursning ko‘payishi ikkinchi resursning kamayishiga mos kelishini bildiradi.

Ko‘rinib turibdiki, resurslarni almashtirishning chegaraviy normasi nafaqat a_1 va a_2 parametrlariga, balki resurslar o‘rtasidagi nisbatga ham bog‘liq. Fondlar sig‘imi qancha yuqori bo‘lsa, ishlab chiqarish fondlarini mehnat resurslari bilan almashtirish darajasi shunchalar yuqori bo‘ladi.

Ishlab chiqarish funktsiyasining yana bir muhim xususiyati - ishlab chiqarishning xarajatlar bo‘yicha elastiklik koeffitsientlari yig‘indisidir:

$$A = a_1 + a_2$$

Ishlab chiqarish hajmini oshirish jarayonida, $A = a_1 + a_2$ qiymatiga qarab uch xil natija kuzatilishi mumkin.

Agar $A = 1$ bo‘lsa, ishlab chiqarish xarajatlarini k marta ko‘paytirish mahsulot miqdorining ham k marta oshishiga olib keladi, bu esa iqtisodiy o‘sishning xuddi shuncha darajada ortishini ta’minlaydi.

Agar $A > 1$ bo‘lsa, ishlab chiqarish xarajatlarining k marta oshishi mahsulot hajmining k martadan ko‘proq o‘sishiga sabab bo‘ladi, natijada iqtisodiy o‘sish k darajadan yuqori ko‘rsatkichga erishadi.

Agar $A<1$ bo‘lsa, ishlab chiqarish xarajatlarini k marta ko‘paytirish mahsulotning k martadan kam miqdorda o‘sishiga olib keladi, bu esa iqtisodiy o‘sishning k darajadan past bo‘lishiga turtki bo‘ladi.

Misol 4.1: Kobb-Duglas ishlab chiqarish funksiyasi berilgan: $Y = AK^{\alpha}L^{1-\alpha}$ bunda $A=2$, $\alpha=0.3$. Agar kapital K=100 va mehnat L=200 bo'lsa, ishlab chiqarish hajmi Y ni hisoblang.

Yechim:

$$Y = 2 \cdot 100^{0.3} \cdot 200^{0.7}$$

$$100^{0.3} = e^{0.3 \ln 100} = e^{1.38155} = 3.981$$

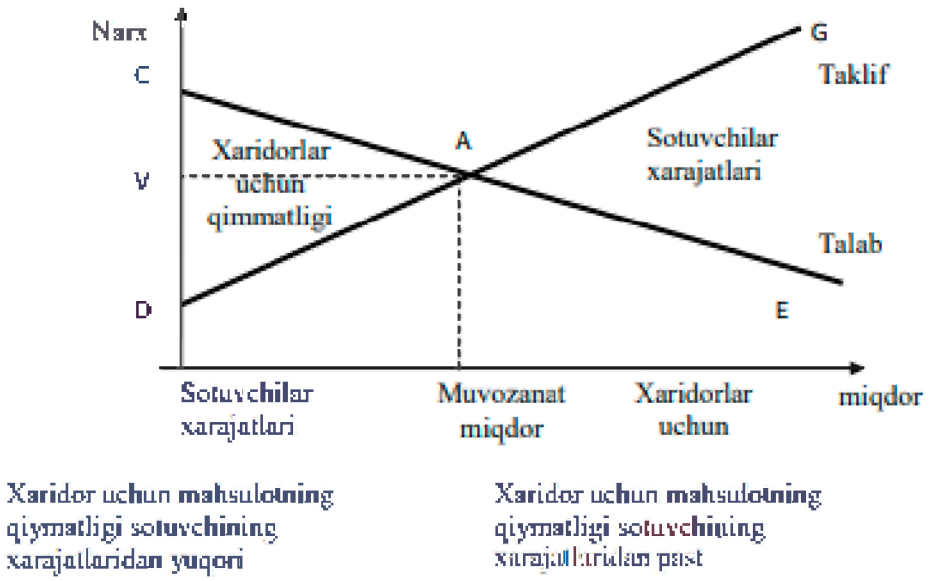
$$200^{0.7} = e^{0.7 \ln 200} = e^{3.70882} = 40.774$$

$$Y = 2 \cdot 3.981 \cdot 40.774 = 324.66$$

4.2-§. Talab va taklifning ekonometrik modellari

Bozor muvozanati sharoitida resurslarning taqsimlanishi qanchalik samarali ekanligi va bu holatda umumiy farovonlikning maksimal darajaga erishilishi quyidagicha izohlanadi.

Bozor muvozanat holatida bo‘lganda, muvozanat narxi bozor ishtirokchilari tomonidan amalga oshiriladigan savdo operatsiyalarini aniqlovchi asosiy omil hisoblanadi. Shu narxda mahsulotni sotish qulay bo‘lgan ishlab chiqaruvchilar va uni sotib olish imkoniyatiga ega bo‘lgan xaridorlar o‘zaro savdo aloqasini olib boradilar. Talab egri chizig‘idagi SA segmenti bilan ifodalangan bo‘lakda mahsulotni yuqori narxda baholaydigan xaridorlar, AE segmenti bilan ifodalangan bo‘lakda esa mahsulotni past narxda baholagan iste'molchilar uni sotib olishdan bosh tortadilar. Xuddi shunday, xarajatlari mahsulot narxidan past bo‘lgan ishlab chiqaruvchilar (DA segmenti bilan ifodalangan) mahsulotni ishlab chiqaradi va sotadi; xarajatlari bozor narxidan yuqori bo‘lgan korxonalar (AG segmenti bilan ifodalangan) esa uni ishlab chiqarish bilan shug‘ullanmaydilar.



4.1-rasm. Muvozanat miqdorining samaradorligi

Sof raqobat asosidagi bozorni kuzatishlar asosida quyidagi xulosalarni chiqarish mumkin:

1. Erkin raqobatdagi bozorlar taklif etilayotgan mahsulotlarni ularni narxidan qimmatroq baholovchi xaridorlar o‘rtasida taqsimlaydi (bu ularning to‘lov qobiliyati bilan belgilanadi), qolgan potentsial xaridorlarga nisbatan.
2. Erkin bozorlar ishlab chiqarish xarajatlari past bo‘lgan yetkazib beruvchilarning mahsulotlariga bo‘lgan talabni shakllantiradi.
3. Erkin bozorlar iste'molchilar va ishlab chiqaruvchilarning umumiy farovonligini maksimal darajaga olib chiqadigan miqdorda mahsulot ishlab chiqaradi.

Ushbu xulosalarning to‘g‘riligiga ishonch hosil qilish uchun yuqoridagi grafik tahlilini chuqurlashtirish mumkin.

Talab egri chizig‘i xaridorlar uchun mahsulotning iqtisodiy qimmatini ifodalasa, taklif egri chizig‘i esa ishlab chiqaruvchilarning xarajatlar darajasini aks ettiradi. Muvozanat darajasidan past bo‘lgan ishlab chiqarish hajmlarida xaridor uchun mahsulotning qimmati ishlab chiqarish xarajatlaridan yuqori bo‘ladi. Ushbu sohada ishlab chiqarishning oshishi umumiy iqtisodiy samarani oshiradi va bu o‘sish mahsulot hajmi muvozanat darajasiga yetgunicha davom etadi. Ishlab

chiqarishning muvozanatdan yuqori bo‘lgan hajmlarida mahsulotning qimmati xaridor uchun ishlab chiqaruvchi xarajatlaridan past darajada qoladi.

Shu sababli, muvozanat hajmidan ortiq mahsulot ishlab chiqarish umumiy iqtisodiy samarani kamaytiradi.

Erkin bozor faoliyati natijalari haqida yuqorida keltirilgan xulosalar shuni ko‘rsatadiki, talab va taklifning muvozanati iste'molchilar va ishlab chiqaruvchilarning umumiy farovonlik darajasini maksimallashtiradi.

Boshqacha aytganda, resurslarning samarali taqsimlanishi bozor muvozanati natijasida yuzaga keladi. Erkin bozor sharoitida shakllanadigan bozor narxi o‘ziga xos tarzda xaridor va sotuvchilarning harakatlarini iqtisodiy resurslarning shunday taqsimlanishiga yo‘naltiradi va bu jarayon umumiy iqtisodiy samarani eng yuqori darajaga olib chiqadi.

Bozor talabi egri chizig‘i. Muayyan bir mahsulotga bo‘lgan bozor talabi, aslida, ushbu bozorda faoliyat yurituvchi barcha xaridorlarning shaxsiy talablarining umumiy yig‘indisidan iboratdir.

Bozor talabining asosi individual talabni tashkil etadi va uning shakllanishiga har bir alohida iste'molchining talablari ta’sir ko‘rsatadi. Bozordagi talab hajmi nafaqat mahsulot narxiga bog‘liq bo‘lib, balki xaridorlarning daromad darajasi, ularning didi va afzalliklari, kelajakdagi kutishlari, bog‘liq mahsulotlar narxlari, shuningdek bozor ishtirokchilari soniga ham bog‘liqdir. Bozor talabi egri chizig‘ini tuzish uchun individual talab egri chiziqlarini gorizontal yo‘nalishda qo‘shish talab etiladi.

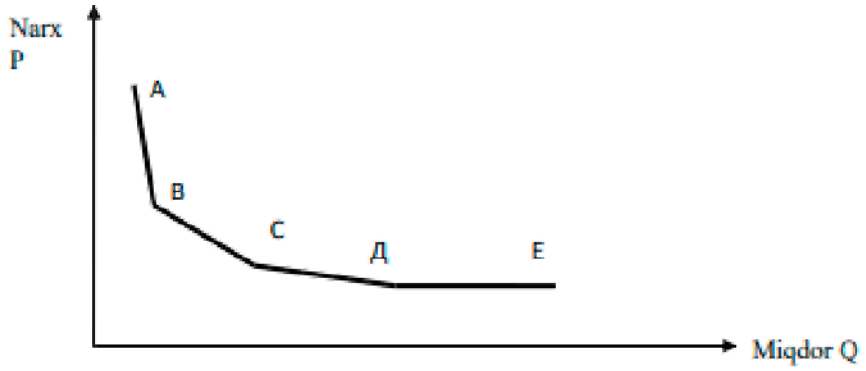
Boshqacha qilib aytganda, bozorda mavjud bo‘lgan har bir narx darajasida mahsulotga bo‘lgan umumiy talab miqdori aniqlanadi. Buning uchun individual talab miqdorlari gorizontal o‘q bo‘yicha qo‘shiladi.

Shakllangan bozor talabi egri chizig‘idan bozor mexanizmining ishlashini o‘rganishda, korxonalarni joylashtirish va rivojlantirish strategiyalarida foydalanish mumkin. Bozor talabi egri chizig‘ining tuzilishi quyida keltirilgan.

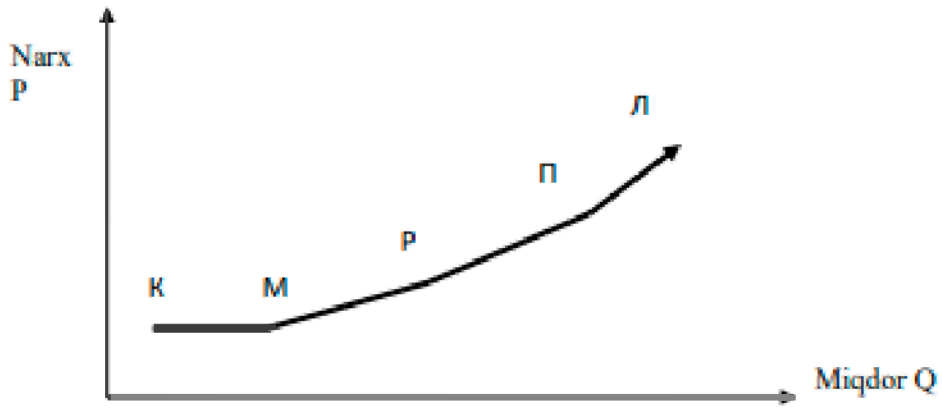
Bozor talabi egri chizig‘i siniq chiziqlardan tashkil topgan bo‘lib, bu sinchli chiziqlar har bir alohida xaridorning talab egri chizig‘idan iboratdir. Bozorda xaridorlar soni ko‘paygan sari sinchli chiziq silliq egri chiziq shaklini oladi.

Bozor faoliyatining ikkinchi ishtirokchilari – ishlab chiqaruvchilarning individual takliflari yig‘indisidan bozor taklifi egri chizig‘i hosil bo‘ladi. Bozor taklifi hajmi alohida sotuvchilarning taklifiga ta’sir etuvchi omillarga bog‘liq: mahsulot narxi, ishlab chiqarish resurslari narxi, texnologik daraja, kutishlar va etkazib beruvchilar soni. Bozor taklifi egri chizig‘i ham sinchli chiziq ko‘rinishida bo‘lib, uning tuzilishi quyida keltirilgan.

Bozor taklifi egri chizig‘i sinchli chiziqlardan tashkil topgan bo‘lib, har bir sinchli chiziq individual ishlab chiqaruvchining taklif egri chizig‘idir. Bozor taklifi egri chizig‘ini hosil qilish uchun individual taklif egri chiziqlari gorizontal yo‘nalishda qo‘shiladi. Ya’ni, har bir narx darajasida umumiy taklif hajmini aniqlash uchun individual takliflar gorizontal o‘q bo‘yicha qo‘shiladi.



4.2.-rasm. Bozor talabi egri chizig‘i



4.3.-rasm. Bozor taklifi egri chizig‘i

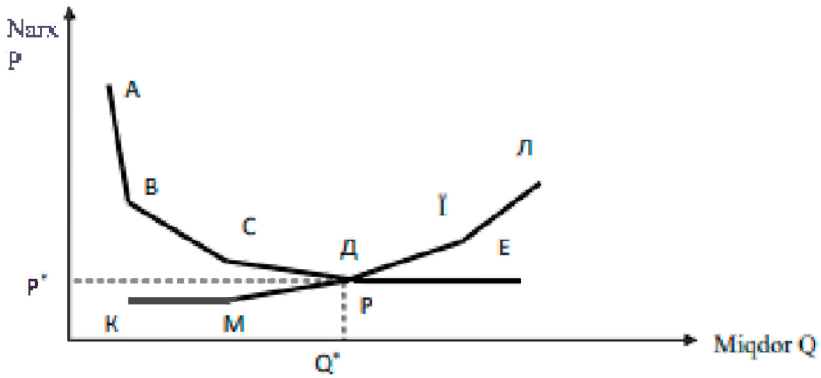
Bozorda jami talab va jami taklif bir vaqtda mavjud bo‘lganligi sababli, ularning grafik ko‘rinishlarini bitta koordinata tizimida ifodalash mumkin.

Quyidagi rasmda bozor talabi va bozor taklifi egri chiziqlari o‘zaro kesishgan holatda ko‘rsatilgan.

Ushbu rasmda bozor talabi egri chizig‘idagi AV, VS, SD, DE bo‘laklarning har biri alohida iste'molchilarning shaxsiy talab funktsiyalarini ifodalaydi. Xuddi shu tarzda, bozor taklifi egri chizig‘idagi KM, MR, RP va PL bo‘laklar har bir alohida ishlab chiqaruvchining individual taklif funktsiyalaridan iboratdir.

Shu asosda aytish mumkinki, har bir iste'molchi va ishlab chiqaruvchi bozorga o‘zlarining barcha xususiyatlarini aks ettiruvchi talab va taklif funktsiyalari bilan kirishadilar. Keltirilgan modelda bu xususiyatlar asosan mahsulot narxi orqali o‘z aksini topgan.

Bozorda umumiy talab va umumiy taklif muvozanatga kelgan nuqtada muvozanat narxi - R* va muvozanat ishlab chiqarish miqdori - Q* aniqlanadi. Bozor ishtirokchilarining har biri o‘z talab va taklif funktsiyasiga ega bo‘lganligi sababli, ushbu narx darajasida kim qancha mahsulot ishlab chiqarishi va kim qancha miqdorda sotib olishi mumkinligini osongina aniqlash imkoniyatiga ega bo‘ladi.



4.4.-rasm. Bozor talabi va taklifi muvozanati

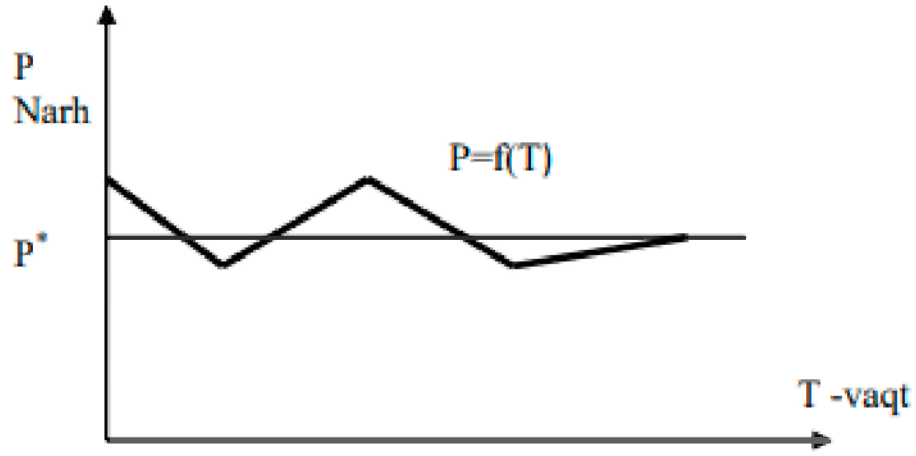
Yuqoridagi grafikda keltirilgan bozor talabi va bozor taklif funktsiyalari asosida korxonani joylashtirish va rivojlantirish modelini qurish uchun quyidagi shartlar mavjud deb faraz qilaylik: bozorda faoliyat yurituvchi n ta iste'molchining har birining talab funktsiyalari

$q_d^1(P), q_d^2(P), ..., q_d^k(P)$ ma'lum bo‘lsin. Shuningdek, bozorda ishtirok etuvchi m ta ishlab chiqaruvchilarning taklif funktsiyalari ham ma'lum: $q_s^1(P), q_s^2(P), ..., q_s^m(P)$. Ushbu ma'lumotlar yordamida bozor talabi va bozor taklif funktsiyalarini aniqlaymiz.

$$Q_D = q_D^1(P) + q_D^2(P) + ... + q_D^n(P)$$

$$Q_S = q_S^1(P) + q_S^2(P) + ... + q_S^m(P)$$

Bozor talabi va bozor taklif funktsiyalarining egri chiziqlari kesishgan nuqtada bozorni muvozanat holatiga olib keluvchi talab va taklif hajmi aniqlanadi. Bozorda mahsulotning muvozanat narxi aniqlangandan so‘ng, uning har bir ishtirokchisi o‘zlarining iste'mol qilish va ishlab chiqarish imkoniyatlarini o‘z talab va taklif funktsiyalari asosida belgilaydi. Natijada har bir ishlab chiqaruvchi mahsulot ishlab chiqarishni rejalashtirgan korxonasida qancha miqdorda mahsulot ishlab chiqarish va qancha daromad olishini aniqlaydi. Ushbu ma'lumotlar asosida korxona o‘z xarajatlari va erishiladigan natijalarni qiyoslab, ushbu sohada faoliyat yuritish maqsadga muvofiqmi yoki undan chiqib ketish zarurmi degan qarorni qabul qiladi. Ushbu model korxonalarni joriy davrda joylashtirish masalasini aks ettiradi. Agar kelgusida korxonalarni rivojlantirish masalasi ko‘rib chiqilsa, bozorda mahsulot narxining o‘zgarish tendensiyasini kuzatish talab etiladi. Bunday masalani yechish uchun korxona rivojlanishini rejalashtirishda ko‘zda tutilgan davrlar uchun bozor narxlaridagi o‘zgarishlarni aniqlash zarur bo‘ladi.



4.5.-rasm. Bozorda mahsulot narhining vaqt bo‘yicha o‘zgarish dinamikasi

Shunday qilib, iqtisodiy farovonlik ko‘rsatkichlari - iste'molchilar va ishlab chiqaruvchilarning iqtisodiy qoniqishi erkin bozorlarning samaradorligini baholash bilan bir qatorda korxonalarning joylashishi va rivojlanishini modellashtirishda maqsadli mezon sifatida ham qo‘llanilishi mumkin. Bunda bozorning har bir ishtirokchisi faqat o‘z manfaati va farovonligini ko‘zlab harakat qilsa ham, bozor narxi muvozanat holatini ta’minlashga xizmat qilib, bozor sub'yektlarining barchasining manfaatlarini maksimal darajada qondiradi.

Bozor samaradorligi masalalarini yechishda hamda iste'molchilar va ishlab chiqaruvchilar farovonligi ko‘rsatkichlaridan korxonalarni joylashtirish va rivojlantirish modellarida maqsad mezonlari sifatida foydalanishda bozor faoliyatiga oid bir qator taxminlar qilinadi. Agar bu taxminlar o‘z ahamiyatini yo‘qotadigan bo‘lsa, yuqorida keltirilgan xulosalar ishonchsiz deb topilishi mumkin. Bular quyidagilarni o‘z ichiga oladi:

Yuqoridagi xulosalar mukammal raqobat sharoitida faoliyat yuritadigan bozorlar uchun o‘rinlidir. Amalda esa bozorlardagi raqobat sharoiti sof raqobatdan ancha farq qiladi. Ba’zi bozorlar bir yoki bir nechta sotuvchi yoki xaridorlardan tashkil topib, ular bozor narxini nazorat qilish yoki bozorda hukmronlik qilish imkoniyatiga ega bo‘ladilar. Bozorda hukmronlik qilish imkoniyati samaradorlikning pasayishiga olib kelishi mumkin, chunki bu hukmron yetkazib beruvchilarga mahsulot narxi va hajmini talab va taklif muvozanati holatidan uzoqroq darajada saqlab turish imkoniyatini beradi.

Bozor faoliyati natijalari faqat xaridor va sotuvchilarning harakatlariga bog‘liq deb faraz qilingan edi. Biroq amalda ularning qarorlari nafaqat ushbu bozor, balki boshqa bozorlarga tegishli subyektlarga ham ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Xaridor va sotuvchilar iste'mol qilish va ishlab chiqarish to‘g‘risida qaror qabul qilar ekan, boshqa bozorlardagi vaziyatlarni hisobga olmaydilar. Shu sababli, ushbu bozordagi muvozanat holati boshqa bozorlardagi muvozanat holatiga mos kelmasligi mumkin va bu ularning qarorlarini butun jamiyat uchun samarasiz qilishi mumkin.

Misol 4.1. Bozor muvozanati modeli

Berilgan: Bir mahsulot bo‘yicha:

Talab funksiyasi: $Q_d = 100 - 2P$

Taklif funksiyasi: $Q_s = 20 + 3P$

Talab etilgan:

a) Muvozanat narx va hajmini toping

b) Agar mahsulotga 5 so‘m miqdorida aktsiz soliq solinsa, yangi muvozanatni toping

c) Soliq yukini iste'molchi va ishlab chiqaruvchi o'rtasida taqsimlang

Yechim:

a) Muvozanat sharti: $Q_d = Q_s$

$100 - 2P = 20 + 3P, \quad 5P = 80, \; P_e = 16$

$Q_e = 100 - 2 \cdot 16 = 68$

b) Aktsiz soliqlanganida taklif funksiyasi: $Q_s = 20 + 3(P - 5) = 5 + 3P$ Yangi muvozanat:

$100 - 2P = 5 + 3P, \; 95 = 5P \Rightarrow P_d = 19$ (iste’molchi to’laydigan narx)

Ishlab chiqaruvchi oladigan narx: $P_s = 19 - 5 = 14$

Hajm: $Q = 100 - 2 \cdot 19 = 62$

c) Soliq yuki taqsimoti:

Iste'molchi uchun soliq yuki: 19−16=3 so‘m

Ishlab chiqaruvchi uchun: 16−14=2 so‘m

Jami: 3+2=5 so‘m (soliq miqdori)

4.3-§. Makroiqtisodiy ekonometrik modellarning turlari va ularning iqtisodiy tahlilda qo‘llanilishi

Makroiqtisodiy hodisalar butun milliy iqtisodning barcha sohalariga ta’sir ko‘rsatadi. Makroiqtisodiy tahlil asosan uchta asosiy jarayonni o‘rganadi va izohlaydi. Ular quyidagilardir:

1. Bandlikning yo‘qligi (ishsizlik);
2. Narxlar umumiy darajasining oshishi (inflyatsiya);
3. Milliy iqtisodning kengayishi (iqtisodiy o‘sish).

Ishsizlik — mamlakat miqyosida mehnat qobiliyatiga ega bo‘lgan va ishlashga tayyor bo‘lgan aholining ish joyiga ega emasligidir.

Inflyatsiya — bu mamlakat bo‘ylab tovarlar va xizmatlar narxlari umumiy darajasining doimiy oshishini ifodalaydi.

Iqtisodiy o‘sish — mamlakat aholisi uchun yalpi ichki mahsulotning bir yildan keyingi yilga ko‘proq miqdorda ishlab chiqarilishidir.

Ushbu uchta ko‘rsatkich makroiqtisodiyotning asosiy muammolari hisoblanadi. Iqtisodiyotning barqaror bo‘lmagan rivojlanishi natijasida yuqorida sanab o‘tilgan muammolar yuzaga keladi.

Iqtisodiy muammolar turli omillar ta’sirida paydo bo‘lishi mumkin. Bu masalalarni yechishning bir qancha usullari mavjud.

Ushbu masalahar har xil sharoitlar, davlatning amalga oshirmoqchi bo‘lgan iqtisodiy siyosati, byudjet-soliq va pul-kredit siyosati orqali yuzaga kelishi mumkin.

Kengaytirilgan takror ishlab chiqarish modeli milliy iqtisod darajasida shakllantirilib, o‘sish sur’ati va nisbatlarni aniqlashga xizmat qiladi. Iqtisodiy o‘sishning bir tarmoqli va ikki tarmoqli modellari mavjud bo‘lib, ularni tahlil qilish mumkin. Bunday modellarni qurish uchun quyidagi belgilar qabul qilinadi:

$X(t)$ – bir yil davomida yaratilgan milliy daromad;

$Y(t)$ – ishlab chiqarish sohasidagi asosiy fondlarning o‘sishiga sarflangan mablag‘lar shu bilan birga qo‘shimcha milliy daromadning iste’mol qilinadigan qismi;

$J(t)$ – asosiy ishlab chiqarish fondlarining o‘sishi uchun kapital qo‘yilmalar;

$S(t)$ – sof ishlab chiqarishga kapital qo‘yilmalar ulushi (hissasi).

Ushbu iqtisodiy mazmunga asosan quyidagi ifodani yozish mumkin:

$$X(t) = Y(t) + J(t)$$

Jamg‘arma me’yori esa:

$$S(t) = \frac{J(t)}{X(t)}$$

formulasi orqali aniqlanadi.

Jamg‘arma me’yori miqdori bilan iqtisodiy o‘sish sur’ati o‘rtasida chambarchas bog‘liqlik mavjud. Bu bog‘lanishni ifodalash uchun $U(t)$ parametri belgilanadi. U milliy daromadning joriy o‘sishi bilan asosiy ishlab chiqarish fondlariga (ya’ni, sarflangan kapital samaradorligi darajasi) sof kapital qo‘yilmalar yig‘indisi o‘rtasidagi nisbatni tavsiflaydi.

$$U(t) = \frac{X(t+1) - X(t)}{Y(t)} = \frac{\Delta X(t)}{Y(t)}$$

$$Y(t) = S(t) \cdot X(t)$$

bu munosabatdan quydagiga ega bo‘lamiz

$$U(t) = \frac{\Delta X(t)}{S(t) \cdot X(t)}; \quad \frac{\Delta X(t)}{X(t)} = S(t) \cdot U(t)$$

Shunday qilib, milliy daromad o‘sish tezligi sarf qilingan kapital samaradorlik darajasining jamg‘arma orqali ifodalangan iqtisodiy o‘sish shaklini ko‘rsatadi. Agar jamg‘arma me’yori va kapital qo‘yilmalar bilan ta’minlanish darajasi iqtisodiy o‘sishning mustaqil parametrlari hisoblansa, jamg‘arma me’yori boshqa shartlar o‘zgarmaganda milliy daromad o‘sish sur’atlarining proporsional ko‘payishi (yoki kamayishi) bilan birga keladi. Sarflangan kapital samaradorligi doimiy darajada saqlanadi deb hisoblaganda, Xarrod-Domar iqtisodiy o‘sish modeliga ega bo‘lamiz.

$$X(t) = Y(t) + J(t)$$

$$\Delta K(t) = J(t)$$

$$J(t) = J \cdot X(t)$$

$$X(t) = q \cdot K(t)$$

Bunda $K(t)$ iqtisodiyotdagi asosiy ishlab chiqarish fondlarining hajmini ifodalaydi. q fondlarning samaradorlik koeffitsiyenti hisoblanib, $q = X / K$ formulasi bilan aniqlanadi. Ushbu modelda “kechikish” bo‘lmasa, iqtisodiy o‘sishning uzoq muddatli o‘rtacha sur’ati quyidagi tenglama orqali ifodalanishi mumkin:

$$\lambda = \frac{\Delta X(t)}{X(t)} = q \cdot S$$

Iqtisodiy o‘sishning nazariy modeli yangi ishlab chiqarish quvvatlarini joriy qilish va ulardan foydalanish uchun ma’lum vaqt kechikishi (ya’ni, L va K o‘rtasidagi vaqt lagi mavjud) borligini abstrakt tarzda ko‘rib chiqadi.

Keyingi bosqichda turli nisbatlarni differensial tenglamalar orqali uzluksiz shaklda ifodalaymiz.

Bunda mehnat unumdorligining o‘sish sur’ati

$$q(t) = \frac{X(t)}{L(t)}$$

va uning fond bilan ta’minlanganlik darajasi

$$q(t) = \frac{K(t)}{L(t)}$$

orasidagi o‘zaro bog‘liqlik asos qilib olinadi; bu yerda $L(t)$ ijtimoiy ishlab chiqarishda band bo‘lgan ishchilar sonini bildiradi. Demak,

$$\frac{q'(t)}{q(t)} = F\left(\frac{U'(t)}{U(t)}\right)$$

Rejali iqtisodiyot sharoitida ish bilan bandlikning o‘sish sur’ati $\frac{L'(t)}{L(t)} = n$ ni ma’lum barqaror tashqi shakllantiruvchi omil deb faraz qilish mumkin. Iqtisodiy o‘sishning bir sektorli makroiqtisodiy modeli («Solou modeli») quyidagicha ifodalanishi mumkin:

$$X(t) = Y(t) + U(t) \cdot K(t) = I(t)$$

$$\frac{q'(t)}{q(t)} = F\left(\frac{U'(t)}{U(t)}\right) \quad \frac{L'(t)}{L(t)} = const = n$$

Yuqorida keltirilgan model rasmiy ravishda iqtisodiy rivojlanishning statsionar traektoriyasini beradi. Bunda daromad o‘sishi jamg‘arish me'yoriga bog‘liq emas. Xususan, (F chiziqli funksiya bo‘lganda) quyidagi natijani olamiz:

$$\frac{X}{Y} = n \cdot \frac{v}{1-\alpha}.$$

Shu sababli, statsionar traektoriyadagi o‘sish sur’ati jamg‘arish me’yori darajasidan qat’iy nazar, ish bilan bandlikning o‘sishi va α hamda v parametrlari (texnik taraqqiyot sur’ati) orqali aniqlanadi.

Misol 4.2. Quyidagi makroiqtisodiy model:

$C_t = 50 + 0.8Y_{t-1}$ (iste'mol funksiyasi)
$I_t = 20 + 0.1Y_t$ (investitsiya funksiyasi)
$Y_t = C_t + I_t + G_t$ (daromad tengligi)
$G_t = 30$ (doimiy), $Y_0 = 200$
1- va 2-davrlardagi Y, C, I ni hisoblang.
1-davr: $Y_1 = C_1 + I_1 + G_1$ lekin $I_1 = 20 + 0.1Y_1$. Shuning uchun:
$Y_1 = 200 + (20 + 0.1Y_1) + 30$
$Y_1 = 260 + 0.1Y_1 \Rightarrow 0.9Y_1 = 260 \Rightarrow Y_1 \approx 288.89$
$C_1 = 210$ (oldin hisoblangan)
2-davr: $C_2 = 50 + 0.8Y_1 = 50 + 08 \cdot 288.89 = 281.11$
$Y_2 = C_2 + I_2 + G_2 = 281.11 + (20 + 0.1Y_2) + 30$
$Y_2 = 331.11 + 0.1Y_2 \Rightarrow 0.9Y_2 = 331.11 \Rightarrow Y_2 \approx 367.90$
$I_2 = 20 + 0.1 \cdot 367.90 = 56.79$

4.4.-§. Barqaror iqtisodiy o'sishni ekonometrik tadqiq etish

Barqarorlik tushunchasi va uning iqtisodiy mazmuni. Iqtisodiy o'sishning statistik tahlilining asosi, iqtisodiy o'sish va o'sish omillari o'rtasida qanday bog'lanish shakllari mavjud, bu bog'lanish shakllarining eng muhimlari qaysilari va ular boshqalaridan nimasi bilan farq qiladi kabi masalalarni aniqlashdan iboratdir.

Iqtisodiy o'sish va uning omillari o'rtasidagi o'zaro bog'lanishlar quyidagi o'ziga xos xususiyatlarga ega: bog'lanishning yo'nalishi, bog'lanishning vaqt xususiyati, ya'ni bir martalik yoki ko'p martalik bog'lanishi; bog'lanishning ma'nosi sababli yoki birgalikdagi ishtirok sifatida bo'lishi.

Iqtisodiy o'sish va uni aniqlovchi omillar o'rtasidagi bog'lanishlar haqidagi keng tarqalgan nuqtai nazarga ko'ra, sarf-ishlab chiqarish shaklidagi bog'lanishni ko'rib chiqamiz. Odatda, bu shakldagi bog'lanish iqtisodiy o'sish bir ko'rsatkichga va soni ko'p bo'lmagan omillarga bog'liqdir, degan tushunchaga xosdir.

Keyinchalik iqtisodiy o'sishning ko'p ko'rsatkichli va ko'p omilli bog'lanish shakllari tahlil qilinadi va bu bog'lanish shakllari qiyosiy taqqoslanadi. Iqtisodiy o'sishning bir ko'rsatkichli yondashuviga asosan,

ishlab chiqarishdagi o‘zgarish iqtisodiy o‘sishni tavsiflaydi. Sarflardagi o‘zgarish esa iqtisodiy o‘sish omillaridagi o‘zgarish hisoblanadi.

Sarflardagi o‘zgarishni iqtisodiy o‘sish omili sifatida talqin qilish, iqtisodiy o‘sish va uning omillari o‘rtasida bir tomonlama bog‘lanish mavjudligini anglatadi. Bunda bog‘lanish sarfdan ishlab chiqarishga qaratilgan bo‘ladi. Bog‘lanishning bu yo‘nalishi shuni bildiradiki, iqtisodiy o‘sish omillari nafaqat ishlab chiqarish natijalaridan oldinda balki, ishlab chiqarish natijalarining sababchisi va yuzaga keltiruvchisi hisoblanadi. Ko‘p hollarda iqtisodiy o‘sish omillari moddiy boyliklar ishlab chiqarilishi va xizmat ko‘rsatishning yuzaga kelishidagi asosiy sababchi bo‘ladi.

Sarf-ishlab chiqarish shaklidagi bog‘lanishning yana bir o‘ziga xos xususiyati iqtisodiy o‘sish natijalari va omillarning bir-biridan sifat jihatidan farq qilishi natijasida yuzaga keladi. Sarfni ishlab chiqarish omili sifatida qo‘llash va buning natijasida iqtisodiy o‘sish va uning omillari o‘rtasida paydo bo‘ladigan o‘ziga xos bog‘lanishlar, ham iqtisodiy o‘sish nazariyasi, ham ishlab chiqarish modeli uchun bir xil ahamiyatga ega bo‘ladi. Ishlab chiqarish modelida asosan sof iqtisodiy tushunchalar asosida izohlanadigan ishlab chiqarish jarayoni, ishlab chiqarish omillari va ishlab chiqilgan mahsulot asosiy tushunchalar hisoblanadi. Mahsulot ishlab chiqarish va ishlab chiqarish omillarini, ya’ni ishlab chiqarish omillarini ma’lum mahsulotga aylantirish jarayonini tahlil qilishda, ishlab chiqarish modelining markazini, asosini moddiy-texnik ko‘rsatkichlar tashkil etadi.

Ishlab chiqarish modeli dastlab kichik korxonalarning (korxonalar, zavodlar, fabrikalar) ishlab chiqarish quvvatlari va samaradorligini o‘rganishdan boshlansa, keyinchalik makroiqtisodiy muammolar paydo bo‘lishi bilan katta iqtisodiy ob’yektlar va komplekslarni (iqtisodiy tarmoqlar, hatto butun iqtisodiyotni) tahlil qilish vositasi sifatida rivojlandi. Makroiqtisodiy o‘sishni aniqlashda ishlab chiqarish modeli qo‘llansa, undagi sarf ko‘rsatkichlari makroiqtisodiy usullar bilan aniqlanadi. Chunki butun iqtisodiyotdagi sarf yoki ishlab chiqarish natijalari alohida korxonalarning sarfi va ishlab chiqarish natijalarining yig‘indisidan iboratdir.

Faqat bitta rasmiy farq mavjud: alohida korxonalar ishlab chiqarishi va omillari o‘rtasidagi bog‘lanish modellari ishlab chiqarish nazariyasi modeli deyiladi, butun iqtisodiyot darajasidagi ishlab chiqarish va omillar o‘rtasidagi bog‘lanish esa iqtisodiy rivojlanish (o‘sish) nazariyasi doirasida o‘rganiladi.

Shunday qilib, iqtisodiy o‘sish nazariyasi mazmunan ishlab chiqarish nazariyasi bilan chambarchas bog‘liqdir. Bu bog‘liqlik faqat iqtisodiy o‘sish omillari va ishlab chiqarish omillarining o‘xshashligida ko‘rinib qolmasdan, balki ishlab chiqarish nazariyasi ko‘rib chiqadigan iqtisodiy rivojlanishning barcha bog‘lanishlarida namoyon bo‘ladi. Masalan, ishlab chiqarish nazariyasidagi, ishlab chiqarishda qatnashuvchi omillarni baholash shartlari iqtisodiy o‘sish nazariyasida ham o‘z kuchini saqlab qoladi.

Ko‘p ko‘rsatkichli iqtisodiy o‘sishda kuzatiladigan bog‘lanishlar bir ko‘rsatkichli iqtisodiy o‘sishda sabab-ogibat natijasida yuzaga keladigan bog‘lanishlardan farqlanadi. Kichik iqtisodiy obyektlar, masalan, rivojlanishi tashqi omil ta’siriga bog‘liq bo‘lgan ishlab chiqarish korxonasidan farqli o‘laroq, butun milliy iqtisodiyotning o‘sishiga ta’sir etuvchi tashqi omil, iqtisodiy o‘sish tushunchasiga to‘g‘ri kelmaydigan tabiiy sharoit hisoblanadi.

Jamg‘arilgan mehnat hajmi bir tomondan iqtisodiy o‘sishning sababi bo‘lsa, ikkinchi tomondan iqtisodiy o‘sishning o‘zini ifodalaydi. Shu sababli, barcha jamg‘arilgan mehnat va uning alohida qismlari, ular iqtisodiy faoliyatning qaysi sohasida yoki qanday shaklda shakllanganligidan qat’i nazar, faqatgina iqtisodiy o‘sishni ta’minlovchi tashqi omillar sifatida qaralishi mumkin emas, chunki ular iqtisodiy o‘sish natijasidir.

Iqtisodiy o‘sishning an’anaviy omillarini bir-biridan ajratish maqsadida, jamg‘arilgan mehnatni iqtisodiy o‘sish omili deb hisoblamaymiz. Buning o‘rniga, jamg‘arilgan mehnatni iqtisodiy o‘sishni ham sarf, ham ishlab chiqarish natijalari jihatidan aks ettiruvchi tushuncha sifatida kiritamiz.

Butun iqtisodiy o‘sish va uning alohida qismlari o‘rtasidagi bog‘lanishlar quyidagi xususiyatlarga ega bo‘ladi. Birinchidan, ular

o‘zaro talabchanlik xususiyatiga ega; iqtisodiy o‘sish umuman olganda har tomonlama o‘sish mahsuli hisoblanadi va shu sababli xo‘jalik sub’ektlarining rivojlanishi butun iqtisodiy o‘sishni belgilaydi. Ikkinchidan, ular bir martalik bog‘lanishlardir, chunki iqtisodiy o‘sishning tarkibiy tomonlari tashqi omillar hisoblanmaydi, demak ular o‘zlari tarkibiy qism sifatida kirgan iqtisodiy o‘sishni vaqt jihatidan ortda qoldira olmaydi. Butun iqtisodiy o‘sish va uning alohida jabhalari o‘rtasidagi bog‘lanishlarning uchinchi o‘ziga xos jihati – bog‘lanish qonuniyatlarining batafsilligidir.

Sabab-oqibat asosiy o‘rinni egallaydigan qonuniyatlarga tayangan holda iqtisodiy o‘sish va uning alohida jabhalari o‘rtasidagi bog‘lanishlarni tahlii qilish yaxshi natija bermasligi mumkin. Buning sababi shundaki, bunday qonuniyatlarda sabab-oqibat munosabatlaridan tashqari, vaqt bo‘yicha hodisalarning ketma-ketligi ham muhim ahamiyatga ega bo‘ladi. Iqtisodiy o‘sish va uning yo‘nalishlari o‘rtasidagi bog‘lanishlarni ko‘rsatish uchun bir vaqtda birgalikda ro‘y beruvchi hodisalar qonuniyatlaridan foydalanish maqsadga muvofiqdir. O.Lange ta’kidlaganidek, aynan shunday birgalikda va bir vaqtda yuzaga keladigan bog‘lanishlar tuzilmalarni o‘zgartiruvchi hodisa va qonuniyatlarga taalluqlidir.

Tahlil qilinayotgan bog‘lanishlarning bir vaqtda va birga ro‘y berishiga asosiy e’tiborni qaratgan holda, tahlilning iqtisodiy o‘sish yo‘nalishlarini sabab-oqibat asosida emas, balki tuzilmaviy o‘zgartirishlar asosida amalga oshiradigan usulidan foydalanish maqsadga muvofiq bo‘ladi.

Tuzilmaviy tahlilda iqtisodiy o‘sishning yo‘nalishlari o‘rtasidagi munosabatlar ham miqdoriy, ham sifat jihatidan tekshiriladi. Bunda iqtisodiy o‘sish yo‘nalishlari o‘rtasidagi munosabatlar rivojlanish darajasi va bosqichlarida saqlanib qolishi yoki qolmasligini aniqlash asosiy masala hisoblanadi. Bundan tashqari, mavjud munosabatlarni barqarorlashtirish, ularning o‘zgarish sharoitlarini aniqlash va yo‘nalishlarni iqtisodiy o‘sish manfaatlariga yo‘naltirish lozim bo‘ladi.

Iqtisodiy o‘sish va uning omillari o‘rtasidagi bog‘lanishlarning qaysi shakli maqbul ekanligi, iqtisodiy o‘sish va uning omillarining

iqtisodiy mohiyatiga asoslanib o‘tkazilgan bir tomonlama va ko‘p tomonlama bog‘lanishlarning qiyosiy tahlili orqali aniq bo‘ladi. Iqtisodiy o‘sish va uning omillari o‘rtasidagi bog‘lanishlar quyidagicha aniqlanadi. Bir ko‘rsatkichli va kam sonli omilli iqtisodiy o‘sish sarf-ishlab chiqarish shaklidagi bir tomonlama bog‘liqlikda bo‘ladi.

Milliy daromad bilan asosiy fondlar va ishchi kuchi o‘rtasidagi bog‘lanishlar yuqoridagi bir tomonlama bog‘liqlikning tipik ko‘rinishi hisoblanadi. Bunda mehnat va asosiy fondlar ishlab chiqarishga qilingan sarfni ifodalasa, milliy daromad esa qilingan sarflarning natijasi sifatida ko‘riladi. Ammo milliy daromad bilan mehnat va asosiy fondlar o‘rtasida aslida ko‘p tomonlama bog‘liqliklar mavjud bo‘ladi.

O‘tkazilgan tahlillar shuni ko‘rsatadiki, ma’lum bir davrda milliy daromad mavjud asosiy fondlar migdoriga bog‘liq bo‘lsa, ayni shu davrda asosiy fondlarning o‘zlari ham milliy daromadning bir qismi hisoblanadi.

Iqtisodiy o‘sish va uning omillari o‘rtasida bir martalik bog‘lanishlar ham mavjud deb faraz qilinadi. Masalan, ma’lum bir davrda milliy daromad hajmi mehnat sarfi hajmi va sifatiga bog‘liq ravishda belgilanadi. Ikkinchi tomondan, mehnat sarfi ham milliy daromaddan mustaqil ravishda amalga oshirilmaydi. Bunda birinchi holatda bog‘lanishning ishlab chiqarish, ikkinchi holatda esa taqsimot jihati ta’kidlanadi.

4.1-jadval

Iqtisodiy o‘sish va uning omillari o‘rtasidagi sodda va murakkab bog‘lanishlar shakllarining asosiy xususiyatlari

Eng asosiy xususiyatlar	**Bog‘lanishlar xususiyatlari**	
	bir tomonlama	**ko‘p tomonlama**
Bog‘lanishlarning asosiy ma’nolari	Bir tomonlama	Ko‘p tomonlama
Yo‘naltirilgan bog‘lanish	Vaqtga mos kelmaydi	Bir vaqtda

Eng asosiy xususiyatlar	Bog‘lanishlar xususiyatlari	
	bir tomonlama	**ko‘p tomonlama**
Bog‘lanishning vaqt xususiyatlari	Texnik-iqtisodiy	Ijtimoiy-iqtisodiy
Bog‘lanishlar ma’nosi	Sabab-oqibat	Birgalikdagi faoliyat
Bog‘lanishni oddiy ko‘rinishda ifodalash mumkinmi	Ha	Yo‘q

Ko‘p ko‘rsatkichli va ko‘p omilli iqtisodiy o‘sish konsepsiyalarini ko‘rib chiqganda, iqtisodiy o‘sish va uning omillari o‘rtasidagi bog‘lanishni sarf-ishlab chiqarish shaklidagi bir tomonlama bog‘lanish sifatida qarash mumkin emas. Darhaqiqat, bunda omillar iqtisodiy o‘sishning turli yo‘nalishlarini ifodalaydi, iqtisodiy o‘sish va uning yo‘nalishlari bir vaqtning o‘zida ko‘p yo‘nalishli bo‘lib, birgalikda faoliyat ko‘rsatadi.

Faqat iqtisodiy o‘sish, uning omillari va ularning xususiyatlari o‘rtasidagi bog‘lanishlarni emas, balki ularning yuzaga kelish sabablarini ham tahlil qilish talab etiladi. Umuman olganda, bir ko‘rsatkichli va kam omilli iqtisodiy o‘sish oddiy iqtisodiy o‘sish konsepsiyasi, ko‘p ko‘rsatkichli va ko‘p omilli iqtisodiy o‘sish esa murakkab iqtisodiy o‘sish konsepsiyasi deb nomlanadi.

Iqtisodiy o‘sish va uning omillari o‘rtasida qanday bog‘lanish mavjudligi nuqtai nazaridan, oddiy va murakkab iqtisodiy o‘sish konsepsiyalarining o‘rtasida mavjud bo‘lgan ikkita farq alohida ahamiyatga egadir. Birinchi farq shundan iboratki, oddiy konsepsiyaga ko‘ra iqtisodiy o‘sish va uning omillari har xil moddiy asoslarda bo‘ladi, murakkab konsepsiyada esa bunday farqlanish mavjud emas. Ikkinchi farq shundan iboratki, oddiy konsepsiya iqtisodiy o‘sish va uning omillarini tor texnik-iqtisodiy ma’nodagi tushunchalar sifatida ifodalasa, murakkab iqtisodiy o‘sish konsepsiyasida iqtisodiy o‘sish va uning

omillari ijtimoiy-iqtisodiy hayotning barcha o‘ziga xos jabhalarini qamrab olgan tushunchalarni ifodalaydi.

Iqtisodiy o‘sish va uning omillari o‘rtasidagi farqlar tufayli oddiy konsepsiyada omillar iqtisodiy o‘sishdan oldin yuzaga keladigan bir tomonlama bog‘lanishni ifodalaydi. Bunda bog‘lanish tushunchasi faqat iqtisodiy ma’noga ega bo‘lganligi sababli, bu bog‘lanishlar vaqt o‘tishi bilan bir tomonlama va bir-biriga to‘liq mos kelmaydigan, eng muhimi esa bog‘lanishning sarf-ishlab chiqarish ko‘rinishidagi texnik shaklini aks ettiradi.

Iqtisodiy o‘sishning murakkab konsepsiyasida omillarning o‘zlari iqtisodiy o‘sishning yo‘nalishlari bo‘lganligi sababli ular o‘zaro bog‘langan, bir vaqtda va birgalikda faoliyat ko‘rsatadi. Bu konsepsiyada omillar nafaqat texnik, balki ijtimoiy-iqtisodiy bog‘lanishlarni ham ifodalaydi.

Oddiy konsepsiyaning afzalligi shundan iboratki, sarf-ishlab chiqarishning texnik-iqtisodiy bog‘lanishlarini modellashtirish uchun ko‘p sinovdan o‘tgan va amalda qo‘llaniladigan usul – ishlab chiqarish funksiyalaridan foydalanish mumkin bo‘lishidir.

Yuqorida ko‘rsatilgan afzallikdan tashqari, oddiy konsepsiya bir qator kamchiliklarga ham ega. Uning birinchi va eng asosiy kamchiligi shundaki, u iqtisodiy o‘sishva uning omillari o‘rtasidagi bog‘lanishlarni faqat ishlab chiqarish korxonalari darajasida ko‘rib, butun milliy iqtisodiyot darajasida ko‘rib chiqolmaydi. Ular uchun mehnat va asosiy fondlar ishlab chiqarishni tashkil etish va ma’lum natijalarga erishish shartli hisoblanadi. Bu bog‘lanishlar butun iqtisodiyot uchun alohida hol sifatida qaraladi. Bir xil sarf-miqdorida ham, milliy iqtisodiyotning o‘sish darajasi taqsimotdagi farqlar tufayli har xil bo‘lishi mumkin.

Umuman olganda, oddiy konsepsiyaning afzalliklari murakkab konsepsiyaning kamchiliklari hisoblanadi. Iqtisodiy o‘sishning murakkab konsepsiyasida iqtisodiy o‘sish va uning omillari o‘rtasidagi bog‘lanishlarni modellashtirish ancha murakkab jarayondir. Hozirgi imkoniyatlar va tahlil vositalari faqat bog‘lanishning mavjudligini va uning ayrim xususiyatlari hamda xarakteristikalarini aniqlash imkonini beradi.

Ammo, murakkab konsepsiya iqtisodiy o‘sishda muhim rol o‘ynaydigan ijtimoiy-iqtisodiy bog‘lanishlarning barchasini qamrab oladi va makro darajadagi bog‘lanishlarni ifodalaydi.

4.5-§. Barqarorlikni yuqori darajali modellar yordamida tahlil qilish

Iqtisodiy o‘sishning ekonometrik tahllarida ishlab chiqarish funksiyalaridan foydalanish. Ishlab chiqarish funksiyalari – bu iqtisodiy faoliyatda hosil bo‘lgan mahsulotlar miqdori, mehnat va kapital xarajatlari, fondlar rentabelligi, mehnat unumdorligi kabi ko‘rsatkichlar o‘rtasidagi bog‘lanishlarni modellashtirish vositasi hisoblanadi.

Umumiy shaklda, mahsulot ishlab chiqarish hajmini quyidagi funksiya ko‘rinishida ifodalash mumkin:

$$N = f(F_1, F_2, ..., F_n)$$

bu yerda N – ishlab chiqarilgan mahsulotlar hajmi;

$F_1, F_2, ..., F_n$ – ishlab chiqarishga, ya’ni iqtisodiy o‘sishga ta’sir etuvchi omillar (mehnat, asosiy fondlar, xom-ashyo va hokazo).

Shunday qilib, ishlab chiqarilgan mahsulotlar hajmi va unga ta’sir ko‘rsatuvchi omillar o‘rtasidagi bog‘liqlikni ifodalovchi funksiyani, ya’ni ishlab chiqarish funksiyasini, ko‘phadli korrelyatsiya tenglamasi orqali ifodalash mumkin.

Iqtisodiy-matematik modellarni qurishda, odatda, iqtisodiy o‘sish (ishlab chiqariladigan mahsulotlar hajmi) va unga ta’sir etuvchi omillar o‘rtasida chiziqli bog‘liqlik mavjud deb faraz qilinadi. Bu taxmin iqtisodiy o‘sish va uning omillararo bog‘lanishining proporsional aniq koeffitsiyenti, ya’ni ishlab chiqarishga bevosita sarf koeffitsiyenti bilan belgilanadi. Iqtisodiy o‘sish tahlilida qo‘llaniladigan chiziqli dasturlash modellarida ishlab chiqarilgan mahsulotlar hajmi va omillar (resurslar) sarfi to‘g‘ri proporsional nisbatda bo‘ladi.

Ishlab chiqarishning chiziqli funktsiyalaridan foydalanish amaliyotda qo‘llaniladigan va qurilishi nisbatan oson bo‘lgan matematik modellarni yaratish imkonini beradi.

Biroq, iqtisodiy o‘sish va uning omillari o‘rtasida faqat chiziqli bog‘liqlik mayjud degan fikr noto‘g‘ri tushunchadir. Darhaqiqat, agar iqtisodiy o‘sish, xom-ashyo va asosiy vositalar sarfi o‘rtasida chiziqli bog‘liqlik mayjud bo‘lsa, mehnat va asosiy fondlar sarfi o‘rtasidagi bog‘liqliklar chiziqli shakldan ancha murakkabdir. Iqtisodiy o‘sishni tahlil qilishda iqtisodiy-matematik modellarni yaratish va yangi usullarni qo‘llash o‘sish va uning omillari o‘rtasidagi bog‘liqliklarni chuqurroq va aniqroq o‘rganishni talab etadi.

Ko‘p hollarda iqtisodiy o‘sishning chiziqli bo‘lmagan ko‘rinishi quyidagicha bo‘ladi:

$$N = a_0 \cdot F_1^{a_1} \cdot F_2^{a_2} \cdot \ldots \cdot F_n^{a_n}$$

Ushbu ishlab chiqarish funktsiyasi yordamida har bir omilning iqtisodiy o‘sishga ta’sirini aniqlashimiz mumkin. Iqtisodiy o‘sish tezligi ikki xil shaklda bo‘ladi: o‘sishning absolyut tezligi va o‘sishning nisbiy tezligi. Har ikkala o‘sish tezligini alohida-alohida ko‘rib chiqamiz.

Iqtisodiy o‘sishning har bir omili uchun absolyut o‘sish tezligi, o‘sishning chiziqli bo‘lmagan ko‘rinishidan ma’lum bir omil bo‘yicha qisman hosila olish orqali aniqlanadi. Masalan, birinchi omil uchun

$$\frac{\partial N}{\partial F_i} = a_0 \cdot a_1 \cdot F_1^{a_1 - 1} \cdot F_2^{a_2} \cdot \ldots \cdot F_n^{a_n}$$

Ma’lumki, iqtisodiy o‘sish uning barcha omillari bilan bog‘liqdir. Olingan qisman hosilalar bu omillar o‘rtasidagi almashtirishning o‘ziga xos normativ ko‘rsatkichidir.

Iqtisodiy o‘sishning absolyut tezligidan tashqari, uning nisbiy tezligi ham katta iqtisodiy ahamiyatga ega. Iqtisodiy o‘sishning nisbiy tezligi, biron bir omil sarfi 1% o‘zgarganda, ishlab chiqarilgan mahsulot hajmi qancha foizga o‘zgarishini ko‘rsatuvchi miqdordir.

O‘sishning nisbiy tezligi, absolyut tezlikni biron bir omil (ishlab chiqarish resursi) qiymatining ishlab chiqarilgan mahsulot hajmiga nisbatiga ko‘paytirish yo‘li bilan aniqlanadi.

Uning matematik ifodasi quyidagicha bo‘ladi:

$$\frac{\partial N}{\partial F_1}\cdot\frac{F_1}{N}=\frac{(a_0\cdot a_1\cdot F_1^{a_1-1}\cdot F_2^{a_2}\cdot\ldots\cdot F_n^{a_n})F_1}{N}=$$

$$\frac{(a_0\cdot a_1\cdot F_1^{a_1-1}\cdot F_2^{a_2}\cdot\ldots\cdot F_n^{a_n})F_1}{a_0\cdot F_1^{a_1}\cdot F_2^{a_2}\cdot\ldots\cdot F_n^{a_n}}=a_1$$

Iqtisodiy o‘sishning nisbiy tezligi ishlab chiqarishning omillar sarfi bo‘yicha elastikligi deb ataladi va odatda E bilan belgilanadi. Demak, har qanday iqtisodiy o‘sish omili (resurs turi) uchun ishlab chiqarishning omillar sarfi bo‘yicha elastikligi

$$E_i=\frac{\partial N}{\partial F_i}\cdot\frac{F_i}{N}=a_i$$

bo‘ladi.

Shunday qilib, iqtisodiy o‘sish ko‘rsatkichi sifatida ishlab chiqarilgan mahsulot funksiyasidan foydalanilsa, sarflar bo‘yicha elastiklik barcha o‘sish omillari uchun o‘zgarmas qiymatga ega bo‘lib, tegishli regressiya koeffitsiyentlariga teng bo‘ladi. Boshqacha aytganda, mahsulot hajmi qancha bo‘lishidan qat’iy nazar, i-turdagi o‘sish omilining (ishlab chiqarish resursining) sarfini 1% ga oshirish ishlab chiqiladigan mahsulot hajmini aniq a_i % ga oshiradi.

Iqtisodiy o‘sish tahlilida qo‘llaniladigan ishlab chiqarish funksiyalarining xususiyatlarini aniqlashda umumiy elastiklik A ning qiymati bilan belgilanuvchi regressiya koeffitsiyentlari yig‘indisi muhim ahamiyatga ega bo‘ladi.

$$A=a_1+a_2+\ldots+a_n$$

Agar iqtisodiy o‘sishning barcha omillari K marta o‘zgarsa, ishlab chiqiladigan mahsulotning hajmi quyidagicha bo‘ladi.

$$N'=a_0\cdot(kF_1)^{a_1}\cdot(kF_2)^{a_2}\cdot\ldots\cdot(kF_n)^{a_n}=$$

$$=k^{a_1+a_2+\ldots+a_n}\cdot F_1^{a_1}\cdot F_2^{a_2}\cdot\ldots\cdot F_n^{a_n}=k^A N$$

bu yerda A=1, A>1 va A<1 qiymatlarini qabul qilishi mumkin.

Agar A=1 bo‘lsa, ishlab chiqarish sarfini k martaga oshirish, ishlab chiqilgan mahsulotlar hajmining ham k marta oshishiga olib keladi, demak, iqtisodiy o‘sish ham shuncha marta ortadi.

Agar $A>1$ bo‘lsa, ishlab chiqarish sarfining k martaga ko‘payishi ishlab chiqilgan mahsulot hajmining k martadan ko‘proq oshishiga sabab bo‘ladi, ya’ni iqtisodiy o‘sish k martadan ortiqroq darajada ko‘payadi.

Agar $A<1$ bo‘lsa, ishlab chiqarish sarfining k martaga ko‘payishi ishlab chiqilgan mahsulotning k martadan kamroq miqdorda o‘sishini ta’minlaydi, demak iqtisodiy o‘sish k martaga nisbatan kamroq darajada ko‘payadi.

Iqtisodiy o‘sish tahlilida ishlab chiqarishning sarflari bo‘yicha elastikligidan tashqari, biron bir omilning sarfini bir birlikka oshirganimizda va boshqa omillar o‘zgarishsiz qolganda ishlab chiqilgan mahsulot hajmining o‘zgarishini ko‘rsatuvchi differensial o‘sish ko‘rsatkichi ham mavjuddir.

Tahlilning ishlab chiqarish omillarining umumiy usuli – barcha omillarning bir vaqtda 1% o‘zgarishi mahsulot hajmining qanchaga o‘zgarishini ko‘rsatuvchi usuldir.

O‘zaro almashtirishning elastikligi omillarning differensial o‘sishining 1% ga o‘zgarishi bilan belgilanadi.

Nazorat uchun savollari

1. Ekonometrik tenglamalar tizimlari: Talab va taklif modeli.
2. Bir vaqtning o‘zida chiziqli tenglamalardan dinamik modelning strukturaviy va qisqartirilgan shaklini ixcham (matritsali) qayd etish.
3. Bir vaqtning o‘zida tenglamalar tizimining aniqlanishi nimada.
4. Bir vaqtning o‘zida tenglamalar tizimining aniqlanishi uchun shart.
5. Ekonometrik tenglamalar tizimini yechish usullari.

V BOB. PANELLAR VA ENDOGENLIK: ZAMONAVIY REGRESSIYA USULLARI

5.1-§. Panel ma'lumotlar to'plamlari

Vaqt qator(seriya)lari va kesmalarni birlashtiradigan iqtisodiy ma'lumotlar to'plamlari tobora ko'proq uchramoqda. Ba'zan bunday ma'lumotlar tadqiqotchi tomonidan yaratiladi, ya'ni u bir qator mamlakatlar bo'yicha ma'lum o'zgaruvchilar haqidagi ma'lumotlarni bir vaqt davomida yig'adi. Lekin ko'pincha, bunday ma'lumotlar shunday paydo bo'ladiki — ayrim shaxslar yoki firmalar ma'lum vaqt davomida kuzatiladi va ularning ayrim xususiyatlari hamda qarorlari haqidagi qiymatlar yig'ilib, panel ma'lumotlar to'plami deb ataluvchi bazaga birlashtiriladi.

Panel ma'lumotlar to'plami kesma (N) va vaqt o'lchovi (T)ga ega bo'ladi. Panel turiga qarab, odatda panelning vaqt o'lchovi (T) qisqa bo'ladi, kesma o'lchovi (N) esa juda katta bo'ladi. Bunday holatda, baholash natijalarining N yo'nalishida izchil bo'lishi muhim hisoblanadi. Buning sababi shundaki, panel ma'lumotlar ko'pincha kesmalar bo'yicha tahlilga yo'naltirilgan bo'ladi va birliklar (shaxslar, firmalar, davlatlar) o'rtasidagi geterogenlik (farqlilik) asosiy tadqiqot nuqtasini tashkil qiladi. Biroq boshqa imkoniyatlar ham mavjud, masalan, kam sonli mamlakatlar uchun nisbatan uzun vaqt qatorlari bo'lishidir. Umumiy holatda chiziqli panel ma'lumotlar modeli quyidagi ko'rinishga ega:

$$y_{it} = x'_{it}\beta + z'_i\alpha + \varepsilon_{it} \quad i = \overline{1,N};\ t = \overline{1,T}$$

bunda x_{it} vektoridagi o'zgaruvchilar vaqt bo'yicha ham, individlar bo'yicha ham o'zgaradi, holbuki z_i vektoridagi o'zgaruvchilar faqat individlar bo'yicha farqlanadi va har bir individ uchun vaqt davomida o'zgarmay doimiy bo'lib qoladi. Yuqoridagi spetsifikatsiya odatda katta N, qisqa T holatiga mo'ljallangan. Ushbu model ko'plab parametrlarni baholashni talab qilishi sababli, odatda barcha individlar uchun koeffitsiyentlar bir xil deb faraz qilinadi, shunda yetarlicha erkinlik darajalari mavjud bo'ladi. Misol sifatida, oilaviy daromad, shuningdek,

uy xo‘jaligi boshlig‘ining yoshi va ta’lim darajasi, oilaviy jamg‘armalarga qanday ta’sir qilishini baholash mumkin: Formula: $familysavings_{it} = \beta 1 income_{it} + \beta 2 age_{it} + \beta 3 educ_{it} + u_{it}$

bu yerda:

$family\ savings_{it}$ — i-individ yoki oilaning t-vaqtida jamg‘armalari,

$income_{it}$ — daromadi,

age_{it} — yoshi,

$educ_{it}$ — ta’lim darajasi,

U_{it} — individga xos tasodifiy xato.

Panel ma’lumotlar to‘plami endogen tizimli regressiya (SURE) tenglamalar tizimidan juda farq qiladi. Endogen tizimli regressiya tizimida har bir tenglamada har xil endogen o‘zgaruvchi mavjud bo‘ladi. Panel ma’lumotlarida esa doimo bitta endogen o‘zgaruvchi ishlatiladi. Biz buni har bir vaqt davri uchun tenglamalar tizimi sifatida ko‘rishimiz mumkin, lekin panel modelida qat’iy tuzilma mavjud bo‘lib, bu xato terminlarining korrelyatsiya tuzilmasini belgilaydi, keyinchalik ko‘ramiz. Bu Endogen tizimli regressiya tizimida bo‘lgandek emas, chunki unda bu korrelyatsiya tuzilmasi farazlar asosida belgilanadi. Panel ma’lumotlar to‘plami balanslangan deb ataladi, agar barcha individlar bir xil vaqt davri davomida kuzatilgan bo‘lsa. Aks holda, u balanslanmagan hisoblanadi. Agar o‘z-o‘zini tanlash bo‘lsa, ya’ni individlar intervyu qilinish vaqtini o‘zlari belgilasa, yoki intervyu o‘tkazish vaqti bo‘yicha sistematik qarorlar mavjud bo‘lsa, baholash natijalari osonlik bilan buzilishi mumkin. Bunday holatlarda maxsus chora-tadbirlar talab etiladi.

Panel ma’lumotlar nafaqat individlar nima uchun bir-biridan farq qilishini model qilishga imkon beradi, balki bir individning turli vaqt davrlarida nima uchun boshqacha harakat qilishini ham tahlil qilish imkonini beradi. Panel ma’lumotlarning ikki o‘lchamli tuzilishi bizga quyidagi kabi gipotezalarni tekshirishga imkon beradi, bu holatlarni alohida kesma yoki alohida vaqt qatori yordamida tekshirib bo‘lmaydi:
Misol: iste’mol 2% ga oshdimi? Bu 2 ta sababdan biri bo‘lishi mumkin:

1. Hammaning iste’moli 2% oshdi.
2. Faqat yarim aholining iste’moli 4% oshdi.

Ben-Porath (1973) kuzatishicha, vaqt bo‘yicha istalgan davrda ayollarning 50% ishlayotgan bo‘ladi. Biroq, bu doimo bir xil ayollar ishlayotganini anglatadimi yoki har bir ayolning har bir davrda ish bilan band bo‘lish ehtimoli 1/2 ga tengmi, bu aniq emas. Bu ikki ehtimolning iqtisodiy siyosat nuqtai nazaridan juda turli oqibatlari bo‘ladi. Yana bir tipik misol sifatida iqtisodiyotda ishlab chiqarish ko‘lamining samarasi va texnologik o‘zgarishlar ta’sirini bir-biridan ajratish imkoniyatini olish mumkin. Birinchi holatni faqat kesma ma’lumotlar yordamida o‘rganish mumkin, holbuki ikkinchi holat faqat vaqt qatori ma’lumotlari yordamida haqiqiy gipoteza sifatida tekshirilishi mumkin. Ammo shunda bu ikki effekt aralashib qolishi ehtimoli mavjud. Odatiy holda, masshtab samarasini oshirish natijasida xarajatlar bir birlik mahsulotga doimiy deb faraz qilinadi va keyin vaqt qatorlari ma’lumotlari texnologik o‘zgarishni sinash uchun ishlatiladi. Panel ma’lumotlar esa bir vaqtning o‘zida ikkala masala bo‘yicha ham ma’lumot berishi mumkin. Panel ma’lumot texnikasi kuzatilmaydigan individ xususiyatlari bilan ishlashda aniq afzalliklarga ega. Masalan, Cobb-Duglas ishlab chiqarish funksiyasining baholashini ko‘rib chiqaylik, bunda ma’lumotlar bir nechta firmalarga tegishli. Faraz qilaylik, haqiqiy model quyidagicha:

$$y_{it} = \mu + x'_{it}\,\beta_i + m_i\beta h + 1 + o_{it}$$

m_i— i-firma boshqaruv sifati, u vaqt davomida doimiy deb faraz qilinadi. Kuzatilmaydigan m_i o‘zgaruvchisi boshqa tushuntiruvchi o‘zgaruvchilar bilan salbiy korrelyatsiyalashgan bo‘lishi kutiladi, chunki yuqori sifatli boshqaruv resurslardan samaraliroq foydalanishni talab qilishi mumkin. Shuning uchun, agar $m_i$kuzatilmaganligi sababli modeldan chiqarib qo‘ysak, boshqa parametrlar uchun baholash natijalari buzilgan bo‘ladi. Panel ma’lumotlar yordamida biz firma xususiy effektini quyidagicha ko‘rib chiqishimiz mumkin: $y_{it} = \mu + m_i\beta_{k+1}$, va hatto uning katta-kichikligini baholashga urinib ko‘rish mumkin, lekin β_{k+1} ni alohida aniqlash imkonsiz bo‘ladi. Shuningdek, modelga fixed time effect (vaqtga xos doimiy effekt) kiritish mumkin, bu esa individ birliklari bo‘yicha o‘zgarib turmaydigan barcha (kuzatilgan va kuzatilmagan) o‘zgaruvchilar ta’sirini hisobga

olish imkonini beradi. Yana bir texnik afzallik shundaki, panel data modellari endogen yoki o‘lchanish xatosiga uchragan regressorlarga ichki instrumentlar taqdim etadi. Odatda, ba’zi asl o‘zgaruvchilarning transformatsiyalari modelning xato termini bilan korrelyatsiyalanmagan, lekin o‘zlari bilan boshqa tushuntiruvchi o‘zgaruvchilar bilan korrelyatsiyalangan bo‘lishi mumkin. Bu juda muhim, chunki tashqi instrumentlar ko‘pincha asoslash qiyin bo‘ladi, yoki ular uchun ma’lumot topish qiyin bo‘ladi va shuning uchun ularni ishlatish shart bo‘lmaydi. Masalan, agar x_{it} kiritilmagan tushuntiruvchi o‘zgaruvchi α_i bilan korrelyatsiyalangan bo‘lsa (bu o‘zgaruvchi xato terminiga kiradi), shunda quyidagicha argument qilish mumkin: $x_{it} - x_i$ bu yerda x_i — i-individning vaqt bo‘yicha o‘rtacha qiymati, u α_i bilan korrelyatsiyalanmagan va shuning uchun x_{it} uchun to‘g‘ri instrument sifatida xizmat qiladi.

5.2-§. Baholash yondashuvlari

Individ yoki guruhga xos vaqt bo‘yicha o‘zgarmaydigan effektlar z_i tarkibida bo‘lishi mumkin. Ular kuzatiladigan bo‘lishi ham mumkin, masalan: jins, irq, yashash joyi, yoki kuzatilmaydigan bo‘lishi ham mumkin, masalan: oilaga xos xususiyatlar, individning ko‘nikma yoki afzalliklaridagi farqlar, individlar o‘rtasidagi ichki geterogenlik. Bu omillarning barchasi vaqt davomida o‘zgarmaydi. Agar z_i barcha individlar uchun kuzatiladigan bo‘lsa, unda modelni oson tarzda, standart regressiya modeli sifatida ko‘rib chiqish mumkin va vektorlarni baholash muammosiz amalga oshiriladi.

Vektorlar β va α ni baholash uchun:

$$y_{it} = x'_{it}\beta + z'_i\alpha + \varepsilon_{it} \quad i = \overline{1,N};\ t = \overline{1,T}$$

Bu model standart identifikatsiya sharti bilan aniqlanadi:

$$E(\varepsilon_{it} / x_{it}, z_i) = 0 \forall i,t$$

Ushbu holat quyidagini anglatadi:

$$E(y_{it} / x_{it}, z_i) = x'_{it}\beta + z'_i\alpha \quad i = \overline{1,N};\ t = \overline{1,T}$$

Har qanday regressiya modelida bo‘lgani kabi, biz qiziqqan narsa aynan shu kutilma qiymatdir. Ko‘pincha, xato termini ε_{it} ham

quyidagicha faraz qilinadi: individlar va vaqt bo‘yicha mustaqil va bir xil taqsimlangan, kutilgan qiymati nolga teng, dispersiyasi esa σ_ε^2 ga teng.

Odatda amaliyotda uchraydigan qisqa panel ma’lumotlarda individualga xos ta’sirlarni barqaror va ishonchli baholashning imkoni bo‘lmaydi. Bundan tashqari, kuzatuvlar sonining kamligi aniqlikning sezilarli darajada pasayishiga olib keladi. Shu sababli, individual xususiyatlarning chiziqli kombinatsiyasi $z_i'\alpha$ ni bitta qiymatga keltirish zarur: $z_i'\alpha = \alpha_i$

$$y_{it} = x_{it}'\beta + \alpha_i + \varepsilon_{it} \quad i = \overline{1,N};\ t = \overline{1,T}$$

Shundan so‘ng, biz ilgari qiziqqan shartli kutilma qiymat $E(y_{it} / x_{it}, z_i)$, o‘rniga quyidagiga e’tibor qaratamiz:

$$E(y_{it} / x_{it}) = E(\alpha_i / x_{it}) + x_{it}'\beta$$

Standart baholash usullari qo‘llanilganda z_i kuzatilmaydigan bo‘lsa muhim qiyinchiliklar yuzaga keladi. Masalan, ishchining unumdorligi kuzatilmagan holda, ish haqini tajriba va ta’lim asosida aniqlash; individlarning sog‘liq holatini o‘rganishda, sog‘liq xizmatlaridan foydalanish bo‘yicha ma’lumotlar mavjud bo‘lmaganda; firma daromadlarini aniqlashda boshqaruv sifatiga oid ma’lumotlar bo‘lmaganda. Bunday hollarda, ushbu kuzatilmagan o‘zgaruvchilar qiymatlariga shartlangan kutilma qiymatni hisoblashning imkoni yo‘q.

Bu yerda ikki imkoniyat mavjud: Agar biz kutilma qiymat jihatidan mustaqillik farazini qabul qilsak, ya’ni kuzatilmagan individual xususiyatlar o‘zgaruvchilari bilan mustaqil bo‘lsa: $x_{it} : E(\alpha_i / x_{it}) = \mu_i$ doimiy, unda quyidagilar hosil bo‘ladi:

$$E(\alpha_i / x_{it}) = \mu_i + x_{it}'\beta$$

Shu bilan birga, model xato terminining ikki turli komponentiga ega bo‘ladi:

$$y_{it} = \mu_i + x_{it}'\beta + [\varepsilon_{it} + (\alpha_i - \mu_i)]$$

Kutilma qiymat jihatidan mustaqillik farazi asosida, ushbu spetsifikatsiya jiddiy baholash qiyinchiliklarini tug‘dirmaydi. Shu sababli bu random effects (tasodifiy ta’sirlar) modeliga olib keladi. Biroq, amaliyotda ko‘plab hollarda tabiiy hisoblanadiki, z_i va x_i

o‘zgaruvchilari korrelyatsiyalashgan bo‘ladi, ya’ni: $E(\alpha_i / x_{it}) = \mu_i + h(x_{it})$ Bu bog‘liqlik esa xato terminiga kiritiladi va modelni shunga mos ravishda tuzish zarur bo‘ladi.

$$y_{it} = \mu_i + x'_{it}\beta + [\varepsilon_{it} + (\alpha_i - \{E(\alpha_i / x_{it}) - h(x_{it})\})]$$

Bu Fixed Effects (o‘zgarmas/belgilangan ta’sirlar) modeliga olib keladi. Izohlovchi o‘zgaruvchilar bilan xato hadlar (error term) orasidagi korrelyatsiya eng kichik kvadratlar baholashlarini noto‘g‘ri qiladi. Shuning uchun, agar kuzatilmagan individual ta’sirlar kuzatilgan izohlovchi o‘zgaruvchilar bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin, deb hisoblasak, boshqa baholash usullarini o‘rganish zarur.

Taklif etilgan baholash usuli, ε_{it} bilan z_i yoki α_i orasidagi korrelyatsiya haqidagi taxminlarga bog‘liq.

- Birlashtirilgan regressiya:

z_i vektori faqat doimiy elementni o‘z ichiga oladi va barcha namunadagi shaxslar uchun bir xil bo‘ladi. Barcha shaxslar va barcha vaqt davrlari bo‘yicha ma’lumotlardan foydalangan holda, umumiy parametrlar va $y_{it} = \alpha + x'_{it}\beta + \varepsilon_{it}$ tenglamasining oddiy eng kichik kvadratlar (OLS) baholari mos va samarali bo‘ladi.

- O‘zgarmas ta’sirlar:

Agar ba’zi z_i lar kuzatilmasa, lekin ba’zi x_{it} lar bilan bog‘liq bo‘lsa, unda tenglama quyidagicha yoziladi:

$$y_{it} = \alpha + x'_{it}\beta + \varepsilon_{it}$$

Bu yerda, $z'_i\alpha = \alpha_i$ barcha individualga xos ta’sirlarni ifodalaydi. Eng kichik kvadratlar bo‘yicha baholovchi β siljigan va muvofiq emas bo‘ladi, chunki bu yerda kuzatilmagan o‘zgaruvchi xatosi mavjud.

O‘zgarmas belgilangan ta’sirlar yondashuvi α_i ni regressiyada individualga xos doimiy termin sifatida oladi. “Fixed” atamasi individual ta’sirning tasodifiy emasligini anglatmaydi; balki u x_{it} o‘zgaruvchilari bilan korrelyatsiyalanganligini bildiradi. Ushbu spetsifikatsiyada α_i ni vaqt bo‘yicha doimiy bo‘lgan boshqa individual ta’sirlardan ajratib bo‘lmaydi, shuning uchun faqat bitta individualga xos ta’sirni aniqlashga umid qilinadi. Bunday vaziyatda baholash yondashuvi ma’lumotlarni transformatsiya qilishdan iborat bo‘lib, bu transformatsiya individual

ta'sirlar tufayli yuzaga keladigan noto'g'ri baholarni yo'q qiladi. Biz doimiy individual ta'sirlarni α_i sifatida baholay olamiz, ularni N ta noma'lum parametr sifatida ko'rish mumkin va bu model Fixed Effects (o'zgarmas belgilangan ta'sirlar) modeli deb ataladi. Biroq, ushbu ma'lumotlarni transformatsiya qilish jarayoni tufayli, irq yoki jins kabi vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydigan xususiyatlarning ta'sirini aniqlashda muammolar yuzaga keladi.

Tasodifiy ta'sirlar:

Agar kuzatilmagan geterogenlik boshqa izohlovchi o'zgaruvchilar bilan korrelyatsiyalangan emas, deb faraz qilinsa va individual ta'sirlarni quyidagicha birgalikda ko'rish mumkin bo'lsa:

$z_i'\alpha = \mu + \alpha_i$ va $i \sim [0, \sigma_\alpha^2]$ unda model quyidagicha yoziladi:

$$y_{it} = x_{it}'\beta + E(\alpha_i / x_{it}) + [z_i'\alpha - E(z_i\alpha / x_{it})] + \varepsilon_{it} = x_{it}'\beta + \mu + (\alpha_i + \varepsilon_{it}) = x_{it}'\beta + \mu + u_{it}$$

$$\frac{\partial E[y_t / x_{jt}]}{\partial x_{jt}} = \beta_j,$$

bu yerda $j=1,2,\ldots,k$ barcha t lar uchun.

Individual xususiyatlar to'g'rilangach, bu marjinal ta'sirlar aniqlanishi mumkin, hattoki shartli o'rtacha aniqlanmasa ham. Masalan, individual ta'sirlar hisobga olingan holda, qo'shimcha bir yil ta'limning daromadga ta'siri aniqlanishi mumkin, hatto individual ta'sirlar va shartli o'rtacha aniqlanmagan bo'lsa ham.

Bu yerda $u_{it} = \alpha_i + \varepsilon_{it}$ bo'lib, α_i individualga xos element sifatida qaraladi, u ε_{it} ga o'xshash, faqat farqi shundaki, α_i regressiyaga har bir davrda bir xil qiymat bilan kiradi. Individual kesishish nuqtalar keyinchalik o'rtacha va dispersiyasi σ_α^2 bo'lgan taqsimotdan olingan tasodifiy qiymatlar sifatida ko'riladi. Asosiy taxmin shundaki, bu tasodifiy qiymatlar x_{it} o'zgaruvchilari bilan mustaqil hisoblanadi. Shunday qilib, xato hadning ikkita komponenti mavjud bo'ladi: vaqt davomida o'zgarmaydigan komponent α_{it}; vaqt bo'yicha mustaqil komponent ε_{it}. Bu model ba'zida tasodifiy ta'sirlar modeli yoki xato komponentlar modeli deb ataladi.

Xato hadda α_i komponentining mavjudligi avtomatik ravishda avtokorrelatsiya hosil qiladi, hatto agar asl xato had ε_{it} vaqt va shaxslar bo‘yicha mustaqil bo‘lgan bo‘lsa ham, chunki:

$$E(w_{it}, w_{is}) = E[(\alpha_i + \varepsilon_{it})(\alpha_i + \varepsilon_{it}) = \sigma_\alpha^2 \; if \; t /= s \; and = \sigma_\alpha^2 + \sigma_\varepsilon^2 \; if \; t = s$$

5.3-§. Instrumental o‘zgaruvchilar

Mikroekonometrikada ta’kidlanadigan asosiy murakkabliklardan biri — bu endogen regressorlarga bog‘liq ravishda parametrlarni izchil baholash imkoniyatining yo‘qligidir. Bunday holatda regressiya baholari faqat assotsiatsiya (bog‘liqlik) darajasini o‘lchaydi, lekin siyosat tahlili uchun zarur bo‘lgan sabab-oqibat yo‘nalishi va kattaligini ko‘rsata olmaydi.

Instrumental o‘zgaruvchilar baholovchisi esa shunday holatlarda ham izchil parametr baholarini olish imkonini beradi. Bu usul iqtisodiy o‘lchovlarda keng qo‘llaniladi, biroq boshqa sohalarda kam uchraydi. Konseptual jihatdan bu usul murakkab va osonlikcha noto‘g‘ri qo‘llanilishi mumkin.

Biz bu yerda instrumental o‘zgaruvchi nima ekanligini aniqlab beruvchi hamda instrumental o‘zgaruvchilar usuli qanday ishlashini sodda holatda tushuntiruvchi batafsil izohli bayonotni taqdim etamiz.

Oddiy Eng Kichik Kvadratlar usulining izchillikdan chiqishi. Keling, bitta bog‘liq o‘zgaruvchi y va bitta regressori x bo‘lgan skalyar regressiya modelini ko‘rib chiqamiz. Regressiya tahlilining maqsadi — bu shartli o‘rtacha funksiyani, ya’ni $M[y/x]$ ni baholashdir. Qulaylik uchun interceptsiz chiziqli shartli o‘rtacha model quyidagicha ifodalanadi:

$$M[y/x] = \beta x \qquad (5.1)$$

Ushbu interceptsiz model interceptli modelni o‘z ichiga oladi, agar bog‘liq o‘zgaruvchi va regressiya o‘zgaruvchisi o‘zlarining o‘rtacha qiymatlaridan chetlanish ko‘rinishida o‘lchangan bo‘lsa.

Asosiy e’tibor β ni izchil baholashga qaratiladi, chunki bu parametr x dagi ekzogen (ya’ni, modeldan tashqari) o‘zgarish natijasida $M[y \mid x]$ ning o‘rtacha qiymatidagi o‘zgarishni ifodalaydi.

Masalan, x ta’lim darajasini, y esa daromadni bildirsa, u holda β — bu insonning shaxsiy tanloviga bog‘liq bo‘lmagan tashqi (ekzogen) sabablarga ko‘ra, masalan, maktabni tark etishning minimal yoshini oshirish kabi siyosiy o‘zgarishlar tufayli ta’lim darajasining oshishi natijasida daromadning o‘zgarish effektini bildiradi.

OLS regressiya modeli quyidagicha ifodalanadi:

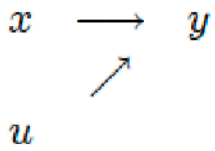
$$y = \beta x + u, \tag{5.2}$$

bu yerda u — xatolik hisoblanadi. y ni x ga nisbatan regressiya qilish orqali β ning OLS (Oddiy Eng Kichik Kvadratlar) bahosi — $\tilde{\beta}$ olinadi.

Standart regressiya natijalari (ya’ni OLS xususiyatlari) quyidagi muhim taxminga tayanadi: regressorlar (mustaqil o‘zgaruvchilar) modeldagi xatolik bilan korrelyatsiyalashmagan bo‘lishi kerak.

Agar bu shart bajarilsa, x ning y ga ta’siri faqat to‘g‘ridan-to‘g‘ri ta’sir orqali, ya’ni βx orqali ifodalanadi.

Bu munosabatni quyidagi yo‘l (path) tahlili diagrammasi orqali tasvirlash mumkin:



bu yerda x va u o‘rtasida hech qanday bog‘liqlik (assotsiatsiya) yo‘q.

Demak, agar regressiya sharti $M[u \mid x] = 0$ bajarilsa, x faqat y ga to‘g‘ridan-to‘g‘ri sababli ta’sir ko‘rsatadi, xatolik orqali emas. Bu holatda OLS bahosi izchil va xolis bo‘ladi. Biroq ayrim holatlarda regressiya o‘zgaruvchilari va xatoliklar o‘rtasida bog‘liqlik mavjud bo‘lishi mumkin.

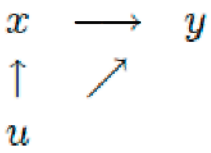
Masalan, daromadlar (y) ni ta’lim yillari (x) ga nisbatan regressiya qilishni olaylik. Bu modeldagi xatolik hadi u — daromadni ta’limdan tashqari aniqlovchi barcha omillarni (masalan, iste’dod yoki qobiliyatni) o‘z ichiga oladi.

Agar biror shaxsda yuqori (kuzatilmaydigan) qobiliyat bo‘lsa, demak u qiymati yuqori bo‘ladi. Bu holatda daromad ham oshadi, chunki modelga ko‘ra:

$$y = \beta x + u.$$

Shu bilan birga, yuqori qobiliyatga ega shaxslar odatda ko‘proq ta’lim oladi, ya’ni x (ta’lim yillari) ham yuqori bo‘ladi. Natijada x va u o‘rtasida bog‘liqlik paydo bo‘ladi.

Bu holatni quyidagi yo‘l diagrammasi orqali ko‘rsatish mumkin:



Bu diagrammada endi x va u o‘rtasida assotsiatsiya (korrelyatsiya) mavjud.

Bunday bog‘liqlikning oqibatlari qanday? Agar x va u o‘rtasida korrelyatsiya mavjud bo‘lsa, x ning y ga ikki xil ta’siri bo‘ladi:

To‘g‘ridan-to‘g‘ri ta’sir — βx orqali, modelning asosiy chizig‘i bo‘yicha.

Bilvosita ta’sir — u orqali, ya’ni u x ga ta’sir qiladi, va x esa y ga ta’sir qiladi.

Regressiyaning maqsadi faqat birinchi — to‘g‘ridan-to‘g‘ri ta’sirni baholashdir, ya’ni β ni topish. Ammo OLS usuli ushbu ikki ta’sirni birgalikda baholaydi. Shu sababli, bu misolda ikkala ta’sir ham ijobiy bo‘lgani uchun, OLS bahosi:

$$\hat{\beta} > \beta$$

ya’ni yuqoriga og‘gan (biased) bo‘ladi.

Matematik ifoda shaklida, agar u regressorga bog‘liq bo‘lsa ($u = u(x)$), unda:

$$y = \beta x + u(x)$$

bo‘ladi. Shunda y ning x ga nisbatan to‘liq hosilasi quyidagicha:

$$\frac{dy}{dx} = \beta + \frac{du}{dx} \qquad (5.3)$$

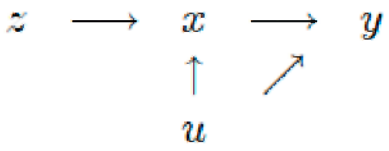
Ma’lumotlar bizga dy/dx haqida ma’lumot beradi, shuning uchun OLS bahosi umumiy ta’sirni, ya’ni $\beta + du/dx$ ni baholaydi — faqat β ni emas.

Shunday qilib, OLS baholovchisi xolis ham, izchil ham bo‘lmaydi, agar x va u o‘rtasida hech qanday bog‘liqlik bo‘lmasa, bundan mustasno.

Chiziqli regressiya modeli K ta regressorga ega bo‘lgan holatning yanada rasmiy ko‘rib chiqilishi ham xuddi shu xulosaga olib keladi. OLS bahosining konsistent bo‘lishi uchun zarur shart bu: $N^{-1}\mathrm{X}'\mathrm{u} = 0$. Konsistentlik regressorlarning xatoliklar bilan asimptotik jihatdan korrelyatsiyalanmagan bo‘lishini talab qiladi. Yuqorida ifodadan ko‘rinishicha, OLS bahosining nomuqobilligi miqdori: $(X'X)^{-1}\mathrm{X}'\mathrm{u}$, ya’ni u ning x ga regressiyasi natijasida olingan OLS koeffitsientiga tengdir. Bu esa (5.3) da keltirilgan intuitiv natijani tasdiqlaydi — bu ifoda oddiy qilib aytganda du/dx ning OLS bahosidir.

OLS bahosining nomuqobilligi x ning endogenligi bilan izohlanadi. Ya’ni, x dagi o‘zgarishlar nafaqat y dagi o‘zgarishlar bilan, balki xatolik u dagi o‘zgarishlar bilan ham bog‘liq bo‘ladi. Shu sababli, x da faqat ekzogen o‘zgaruvchanlikni hosil qilishga imkon beradigan usul zarur. Buning eng aniq yo‘li — eksperiment o‘tkazishdir, ammo iqtisodiyotning ko‘pchilik amaliyotlarida eksperimentlar juda qimmat yoki umuman amalga oshirib bo‘lmaydigan bo‘lishi mumkin.

Instrument ta’rifi. Kuzatuv ma’lumotlaridan foydalangan holda ham soddalashtirilgan eksperimental yoki “treatment” yondashuvi mumkin, agar shunday bir instrument z mavjud bo‘lsa, undagi o‘zgarishlar x dagi o‘zgarishlar bilan bog‘liq bo‘lsin, biroq y da o‘zgarish hosil qilmasin (faqatgina x orqali bilvosita ta’sir bundan mustasno). Bu quyidagi yo‘l diagrammasiga olib keladi:



Bu yerda z o‘zgaruvchisi x bilan bog‘liq, lekin u bilan bog‘liq emas. Hozir ham z va y o‘zaro korrelyatsiyalangan bo‘ladi, biroq bunday korrelyatsiyaning yagona sababi — bilvosita yo‘l: z ning x bilan bog‘liq bo‘lishi va x ning y ni aniqlashi. To‘g‘ridan-to‘g‘ri yo‘l — ya’ni z ning y modelida regressorga aylanishi — istisno qilinadi.

Agar skalyar regressiya modeli

$$y = \beta x + u$$

ko‘rib chiqilsa, u holda o‘zgaruvchi z quyidagi ikki shart bajarilganda regressordan x uchun instrument yoki instrumental o‘zgaruvchi deyiladi:

1) z xatolik uuu bilan korrelyatsiyalanmagan bo‘lishi;

2) z regressor x bilan korrelyatsiyalangan bo‘lishi.

Birinchi shart z ni y modeliga regressorga aylanishini istisno qiladi, chunki agar aslida y — x va z ga bog‘liq, lekin regressiya faqat x ga qo‘yilsa, u holda z xatoga qo‘shilib ketadi va natijada z xatolik bilan korrelyatsiyalanadi. Ikkinchi shart esa instrument bilan instrumentlanayotgan o‘zgaruvchi o‘rtasida yetarli darajada bog‘liqlik bo‘lishini talab qiladi.

Instrument misollari. Ko‘plab mikroekonometrik qo‘llanmalarda haqiqiy (“legitim”) instrumentlarni topish qiyin bo‘ladi. Quyida ikkita misol keltiriladi.

Birinchi misol: bozor narxidagi ekzogen o‘zgarishlarga bozor talabi qanday javob berishini baholamoqchi bo‘lsak. Talab qilinadigan miqdor narxga bog‘liq, lekin narxlarning o‘zi ham ekzogen emas, chunki ular qisman bozor talabiga qarab shakllanadi. Shuning uchun narx uchun mos instrument — bu narx bilan korrelyatsiyalangan, lekin talab qilinadigan miqdorga bevosita ta’sir qilmaydigan o‘zgaruvchi bo‘lishi kerak. Buning aniq namunasiga bozor taklifiga ta’sir qiladigan o‘zgaruvchi kiradi, chunki u narxlarni o‘zgartiradi, ammo talabning bevosita omili emas.

Masalan, agar qishloq xo‘jaligi mahsuloti modellashtirilayotgan bo‘lsa, qulay o‘sish sharoitlari shunday instrument bo‘lishi mumkin. Agar qulay o‘sish sharoitlari talabga bevosita ta’sir qilmasa, instrument tanlovi bahsli emas va taklif–talabning rasmiy iqtisodiy modeli bu tanlovni sezilarli darajada osonlashtiradi.

Ikkinchi misol: ta’lim yillaridagi ekzogen o‘zgarishlarning daromadga ta’sirini baholamoqchimiz. Ko‘pchilik kuzatuv ma’lumotlarida shaxsiy qobiliyat (ability) o‘lchanmaydi, shuning uchun daromadning ta’limga regressiyasidagi xatolik kuzatilmagan qobiliyatni

o‘z ichiga oladi va shu sababli ta’lim regressori bilan korrelyatsiyalangan bo‘ladi. Bunday vaziyatda bizga shunday instrument z kerakki, u ta’lim bilan korrelyatsiyalangan, lekin qobiliyat bilan korrelyatsiyalangan bo‘lmasin va umuman olganda xatolik bilan bog‘liq bo‘lmasin — ya’ni daromadni bevosita belgilamasin.

Ommabop instrument nomzodi sifatida Kollej yoki universitetga yaqinlik (Card, 1995) keltiriladi. Bu o‘zgaruvchi shubhasiz 2-shartni qanoatlantiradi, masalan, uydan jamoat kolleji yoki davlat universitetigacha masofa uzoq bo‘lgan odamlar kollejga borishga kamroq moyil bo‘ladilar. Shuningdek, bu o‘zgaruvchi katta ehtimol bilan 1-shartni ham qanoatlantiradi; ammo shuni ham hisobga olish lozimki, uydan kollejgacha uzun masofa bo‘lgan hududlarda odamlar past ish haqi bozorlarida yashashi mumkin. Shuning uchun y uchun ko‘p o‘zgaruvchili regressiya baholashda, regressiyaga metropoliyaga tegishli bo‘lmagan hududlar uchun indikatorlar kabi qo‘shimcha nazorat o‘zgaruvchilarini kiritish zarur bo‘ladi.

Instrument uchun ikkinchi nomzod tug‘ilgan oy (Angrist va Krueger, 1991) hisoblanadi. Bu o‘zgaruvchi 1-shartni aniq qanoatlantiradi, chunki agar regressiyada yosh (yillarda) nazorat qilinsa, tug‘ilgan oy daromadga bevosita ta’sir qiladi, deb ishonishga asos yo‘q. Kutilmagan tarzda, 2-shart ham bajarilishi mumkin, chunki tug‘ilgan oy bolaning maktabga birinchi kirish yoshini belgilaydi, bu esa o‘z navbatida majburiy minimal maktab tark etish yoshi haqidagi qonunlar tufayli o‘qish yillariga ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Bound va boshq. (1995) ushbu instrumentga tanqidiy baho bergan.

5.4-§. Instrumental o‘zgaruvchilar (IO‘) baholovchisi

Skalyar regressor x va skalyar instrument z mavjud bo‘lgan regressiya uchun instrumental o‘zgaruvchilar (IO‘) baholovchisi quyidagicha aniqlanadi:

$$\hat{\beta}_{IV} = (z'x)^{-1}z'y \qquad (5.4)$$

bu yerda $z, x\ va\ y$ — o‘lchami $N \times 1$ bo‘lgan vektorlardir. Agar z regressor x bilan korrelyatsiyalangan va xatolik hadidan u bilan

korrelyatsiyalanmagan bo‘lsa, ushbu baholovchi chiziqli model $y = \beta x + u$ uchun β ning konsistent bahosini beradi.

(5.4) ni hosil qilishning bir nechta yo‘llari mavjud. Bu yerda biz intuitiv hosil qilish usulini ko‘rsatamiz; bu usul yuqorida-bo‘limda berilgan odatiy hosil qilishdan farq qiladi.

Yana daromad–ta’lim misoliga qaytaylik. Faraz qilaylik, instrument z dagi bir birlik o‘zgarish ta’lim yillarida 0.2 yilga ortish bilan bog‘liq va yillik daromadda 500 dollar o‘sishga olib keladi. Daromaddagi bu o‘sish bilvosita ta’sir natijasidir: z oshadi → ta’lim yillari oshadi → daromad oshadi. Shunday ekan, 0.2 yil qo‘shimcha ta’lim 500 dollar qo‘shimcha daromad bilan bog‘liq bo‘lsa, unda ta’limning 1 yilga ortishi: $500 \cdot 0.2 = 2500$ dollar daromad o‘sishiga mos keladi. Demak, β ning sababiy bahosi 2500 ga teng.

Matematik tarzda aytganda, biz dx/dz va dy/dz ni baholadik va sababiy instrumental o‘zgaruvchilar baholovchini quyidagicha hisobladik:

$$\beta_{IV} = \frac{\mathrm{dy/dz}}{\mathrm{dx/dz}} \tag{5.5}$$

Ushbu sababiy parametr β ni identifikatsiya qilish yondashuvi Heckman (2000, 58-bet) da berilgan.

Endi faqatgina dx/dz va dy/dz ni konsistent baholash qoladi. dy/dz ni baholashning aniq yo‘li — y ni z ga OLS regressiya qilishdir, bunda qiyalik (slope) bahosi $(z'x)^{-1}z'y$ ga teng bo‘ladi. Xuddi shunday, dx/dz ni baholash uchun x ni z ga OLS regressiya qilamiz va qiyalik bahosi $(z'z)^{-1}z'x$ bo‘ladi.

Shunda:

$$\hat{\beta}_{IV} = \frac{(z'z)^{-1}z'y}{(z'x)^{-1}z'x} = (z'x)^{-1}z'y \tag{5.6}$$

Wald baholovchisi

Instrumental o‘zgaruvchilar (IO‘) usulining eng sodda misollaridan biri — instrument z ikkilik (binary) bo‘lgan holatdir. z=1 bo‘lganda y va x ning kichik tanlov o‘rtacha qiymatlarini mos ravishda $\bar{y}_1$ va $\bar{x}_1$, $z = 0$ bo‘lganda esa $\bar{y}_0$ va $\bar{x}_0$ deb belgilaymiz. Shunda:

$$\Delta y/\Delta z = (\bar{y}_1 - \bar{y}_0) \text{ and } \Delta x/\Delta z = (\bar{x}_1 - \bar{x}_0).$$

$\Delta y/\Delta z = (\bar{y}_1 - \bar{y}_0, \setminus \Delta x/\Delta z = (\bar{x}_1 - \bar{x}_0)$ va (5) quyidagiga olib keladi:

$$\beta_{Wald} = \frac{(\bar{y}_1 - \bar{y}_0)}{(\bar{x}_1 - \bar{x}_0)} \quad (5.7)$$

Bu baholovchi Wald baholovchisi deb ataladi (Wald, 1940), yoki guruhlash baholovchisi deb ham yuritiladi.

Wald baholovchini (5.6)-formuladan ham hosil qilish mumkin. Interceptsiz modelda o‘zgaruvchilar o‘z o‘rtacha qiymatlaridan chetlanishlarda o‘lchanadi, shuning uchun: $z'y = \sum_i (z_i - z)(y_i - y)$. Ikkilik z uchun bu quyidagini beradi: $z'y = N_1(\bar{y}_1 - \bar{y}) = N_1 N_0(\bar{y}_1 - \bar{y}_0)$, bu yerda N_0 va N_1 mos ravishda z=0 va z=1 bo‘lgan kuzatuvlar soni. Bu natijada quyidagidan foydalaniladi: $\bar{y}_1 - \bar{y} = \frac{N_0\bar{y}_1 + N_1\bar{y}}{N} - \frac{N_0\bar{y}_0 + N_1\bar{y}_1}{N} = N_0(\bar{y}_1 - \bar{y}_0)/\mathrm{N}$. Xuddi shunday, $z'x = N_1 N_0(\bar{x}_1 - \bar{x}_0)$. Bularni birlashtirsak, (5.4) dan (5.7) hosil bo‘ladi.

Daromad–ta’lim misolida shuni faraz qilinadi, biz ikki guruhni aniqlashimiz mumkin va bu guruhlarga mansublik daromadni bevosita belgilamaydi, biroq ta’lim yillariga ta’sir qiladi va shuning natijasida daromadga bilvosita ta’sir ko‘rsatadi. Shunda instrumental o‘zgaruvchilar bahosi — ikki guruh o‘rtasidagi o‘rtacha daromadlar farqini, ikki guruh o‘rtasidagi o‘rtacha ta’lim yillaridagi farqga bo‘lish orqali olinadi.

5.5-§. Kovariatsiya va korrelyatsiya tahlili

IO‘ baholovchini kovariatsiyalar yoki korrelyatsiyalar orqali ham talqin qilish mumkin. Kovariatsiyalar uchun (5.4) dan bevosita quyidagini olamiz:

$$\hat{\beta}_{IV} = \frac{cov(z,y)}{cov(z,x)} \quad (5.8)$$

Korrelyatsiyalar uchun shuni eslaylikki, (5.2)-model uchun OLS baholovchisi quyidagicha yozilishi mumkin: $\hat{\beta}_{OLS} = r_{xy}\sqrt{\mathrm{y'y}}/\sqrt{\mathrm{x'x}}$, bu yerda $r_{xy} = \mathrm{x'y}/\sqrt{(\mathrm{x'x})(\mathrm{y'y})}$. x va y o‘rtasidagi tanlov korrelyatsiyasidir.

Bu OLS bahosiga shunday talqin beradi: x o‘zgaruvchisining bir standart og‘ishli o‘zgarishi y ning r_{xy} standart og‘ish bilan o‘zgarishiga

mos keladi. Muammo shundaki, korrelyatsiya r_{yx} bilan xatolik u o‘rtasidagi korrelyatsiya tufayli buzilgan.

Muqobil yondashuv — x va y o‘rtasidagi korrelyatsiyani bilvosita o‘lchash: z va y o‘rtasidagi korrelyatsiyani z va x o‘rtasidagi korrelyatsiyaga bo‘lish orqali. Shunda:

$$\hat{\beta}_{IV} = \frac{r_{zy}\sqrt{\text{y'y}}}{rz_x\sqrt{\text{x'x}}} \tag{5.9}$$

va bu ifoda (5.4) dagi $\hat{\beta}_{IV}$ ga algebraik jihatdan teng ekani ko‘rsatilishi mumkin.

5.6-§. Ko‘p o‘zgaruvchili regressiya uchun instrumental o‘zgaruvchilar (IO‘) baholash usuli

Endi quyidagi ko‘p o‘zgaruvchili regressiya modelini ko‘rib chiqamiz:

$$y = x'\beta + u\ ,$$

bu yerda x va β — mos ravishda $K \times 1$ o‘lchamdagi vektorlar bo‘lib, modelda K ta regressiya o‘zgaruvchisi mavjud.

Faraz qilaylik, bizda $r \times 1$ o‘lchamli instrumentlar vektori z mavjud bo‘lib, bu yerda $r \geq K$. Ushbu instrumentlar quyidagi uchta muhim shartni qanoatlantiradi:

Instrumentlar xatolik bilan korrelyatsiyalashmagan: Bu degani, instrumentlar modeldagi xatolik hadidan mustaqil bo‘lishi kerak. Ya’ni,

$$Cov(z, u) = 0$$

Ushbu shart regressiyaning izchilligi uchun zarur bo‘lgan asosiy talabdir. Agar instrument xatolik bilan bog‘liq bo‘lsa, u holda instrumental o‘zgaruvchilar bahosi noto‘g‘ri bo‘ladi.

Instrumentlar regressiya o‘zgaruvchilari bilan korrelyatsiyalashgan: Bu shart instrumentlar foydali bo‘lishini ta’minlaydi, chunki agar instrument regressorga bog‘liq bo‘lmasa, u regressiyadagi endogenlik muammosini tuzata olmaydi. Matematik shaklda:

$$Cov(z, x) \neq 0$$

Bu shart regressiya o‘zgaruvchisini “ta’sir ostida” aniqlash imkonini beradi.

Instrumentlar kuchli bog‘liqlikka ega: Bu shart 2-shartning kuchaytirilgan shakli bo‘lib, u instrumental o‘zgaruvchilar baholovchining kichik tanlov holatlarida yaxshi ishlashini ta’minlaydi. Agar instrumentlar regressorlarga juda zaif bog‘langan bo‘lsa, instrumental o‘zgaruvchilar natijalari beqaror va noaniq bo‘ladi.

Ko‘p o‘zgaruvchili regressiya holatida instrumentlar z va regressiya o‘zgaruvchilari x ba’zan bir xil komponentlarga ega bo‘lishi mumkin. x vektorining ayrim elementlari ekzogen regressiyalar bo‘lishi mumkin, ya’ni ular xatolik u bilan korrelyatsiyalashmagan. Bunday regressiyalar yuqoridagi 1- va 2-shartlarni qanoatlantirgani sababli yaroqli instrumentlar hisoblanadi.

Biroq x vektorining boshqa elementlari endogen regressiyalar bo‘lishi mumkin. Bunday o‘zgaruvchilar xatolik u bilan korrelyatsiyalashgan bo‘ladi, shuning uchun ular izchillikni buzadi va OLS (Oddiy Eng Kichik Kvadratlar) bahosini noto‘g‘ri qiladi. Shu sababli endogen regressiyalarni instrument sifatida ishlatib bo‘lmaydi, chunki ular 1-shartni buzadi.

Shuning uchun x vektori quyidagicha ikki qismga ajratiladi:

$$x = [x_1, x_2]$$

bu yerda: x_1 — endogen regressiyalarni, x_2 — ekzogen regressiyalarni o‘z ichiga oladi.

Shu holda, instrumentlar vektori quyidagicha aniqlanadi:

$$z = [z_1 x_2]$$

Bu yerda x_2 o‘zi uchun instrument sifatida ishlatilishi mumkin, chunki u xatolik bilan bog‘liq emas. Biroq har bir endogen regressiya x_1 uchun kamida bitta qo‘shimcha instrument (z_1) topish kerak bo‘ladi.

Boshqacha qilib aytganda, modelning to‘liq aniqlanishi (identification) uchun instrumentlar soni endogen regressiyalar sonidan kam bo‘lmasligi zarur: $r \geq K$.

5.7-§. Identifikatsiya

Bir vaqtning o‘zida tenglamalar tizimida identifikatsiya masalasi Ekonometrika kursida ko‘rib chiqilgan edi. Bu yerda esa biz faqat bitta tenglama bilan ishlaymiz.

Modelda izchil baholashni ta’minlash uchun tartib sharti bajarilishi kerak, ya’ni instrumentlar soni endogen o‘zgaruvchilar sonidan kam bo‘lmasligi zarur:

$$r \geq K$$

Bu shartga ko‘ra:

Agar $r = K$ bo‘lsa, model aniq identifikatsiyalangan deyiladi.

Agar $r > K$ bo‘lsa, model ortiqcha identifikatsiyalangan hisoblanadi.

Ko‘p o‘zgaruvchili regressiya amaliyotida odatda bitta endogen regressiya o‘zgaruvchisi mavjud bo‘ladi. Masalan, daromadni ta’lim yillariga nisbatan regressiya qilishda modelda boshqa omillar — yosh, yashash joyi, oilaviy fon kabi o‘zgaruvchilar ham kiritiladi.

Tadqiqotchining asosiy qiziqishi — ta’lim koeffitsientini aniqlashdir. Ammo bu o‘zgaruvchi endogen hisoblanadi, chunki u kuzatilmaydigan qobiliyat bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin. Shu sababli, ta’lim uchun bitta yaroqli instrument topish zarur bo‘ladi. Masalan, maktabni tark etishning minimal yoshi, ta’lim siyosatidagi tashqi o‘zgarishlar va hokazo.

Instrumental o‘zgaruvchilarni tanlashda uchta asosiy shart mavjud edi. Ularning har biri buzilganda, mos ravishda quyidagi muammolar paydo bo‘ladi:

1-shart bajarilmasa (instrument xatolik bilan bog‘liq bo‘lsa): Instrument yaroqsiz instrument hisoblanadi. Bu holatda instrumental o‘zgaruvchilar bahosi noto‘g‘ri bo‘ladi.

2-shart bajarilmasa (instrument regressorga bog‘liq bo‘lmasa): Instrument befoyda instrument deyiladi. Agar modelda yetarli darajada muhim instrumentlar bo‘lmasa, model identifikatsiyalanmagan bo‘ladi.

3-shart bajarilmasa (instrument regressorga juda zaif bog‘liq bo‘lsa):

Bunday holatda model zaif identifikatsiyalangan deb ataladi va instrument zaif instrument sifatida belgilanadi. Zaif instrumentlar instrumental o‘zgaruvchilar bahosining barqarorligini keskin pasaytiradi, natijada baholar sezilarli xatolik bilan olinadi.

5.8-§. Ikki bosqichli eng kichik kvadratlar usuli (2SLS)

Ko‘plab iqtisodiy modellarda endogenlik mavjud bo‘ladi: ya’ni, nazariy munosabat y ga nisbatan X regressiya shakliga mos kelmaydi, bunda **y** o‘zgaruvchisi X tomonidan aniqlanadi (lekin X bilan o‘zaro aniqlanmaydi) deb faraz qilinadi. Aslida, iqtisodiyot fanining asosiy tamoyillarida o‘qitiladigan eng oddiy tahliliy tushunchalar — mikroiqtisodiyotdagi talab egri chizig‘i va makroiqtisodiyotdagi Keynsning iste’mol funksiyasi — ana shunday munosabatlardir, bunda “tushuntiruvchi” o‘zgaruvchilardan kamida bittasi endogen, ya’ni bog‘liq o‘zgaruvchi bilan birgalikda aniqlanadi.

Matematik nuqtayi nazardan, bu endogenlik tahlil uchun keltirib chiqaradigan qiyinchiliklar biz ilgari ko‘rib chiqqan ikki holat bilan bir xil: ya’ni tashlab ketilgan o‘zgaruvchilar masalasi va o‘lchov xatosi yoki X o‘zgaruvchilardagi aniqlik yetishmasligi bilan bog‘liq holatlarda. Har uchala holatda ham OLS (oddiy eng kichik kvadratlar usuli) izchil parametr baholarini bera olmaydi.

Endi biz endogen regressorlarga oid muammoning umumiy yechimiga o‘tamiz, bu yechim, ko‘ramizki, boshqa kontekstlarda ham foydali tarzda qo‘llanilishi mumkin — masalan, tashlab ketilgan yoki noto‘g‘ri o‘lchangan o‘zgaruvchini hisobga olish kerak bo‘lganda. Ushbu umumiy tushuncha instrumental o‘zgaruvchilar baholovchisi deb ataladi; bu baholovchining mashhur shakli, ko‘pincha endogenlik kontekstida qo‘llaniladigan, ikki bosqichli eng kichik kvadratlar (2SLS) deb nomlanadi.

Muammoni tushuntirish uchun, keling, tashlab ketilgan o‘zgaruvchi muammosini ko‘rib chiqamiz: masalan, ish haqi tenglamasini olaylik, u to‘g‘ri shaklda quyidagicha ifodalanadi:

$$log(wage) = \beta_0 + \beta_1 educ + \beta_2 abil + e \qquad (5.10)$$

Bu tenglamani baholab bo‘lmaydi, chunki qobiliyat kuzatilmaydi. Agar bizda qobiliyat uchun o‘rinbosar o‘zgaruvchi mavjud bo‘lsa, uni abil o‘rniga qo‘yishimiz mumkin edi; bunday tenglamaning sifati esa, bu o‘rinbosar o‘zgaruvchi qanchalik yaxshi ekanligiga bog‘liq bo‘ladi. Agar biz abilni butunlay e’tibordan chetda qoldirsak, u xatolik hadining bir qismiga aylanadi:

$$log(wage) = \beta_0 + \beta_1 educ + u \qquad (5.11)$$

Agar abil va educ o‘zaro korrelyatsiyalashgan bo‘lsa, OLS (oddiy eng kichik kvadratlar) baholovchisi og‘ishli va izchil bo‘lmagan natijalarni beradi. Bu tenglamani izchil baholash uchun biz instrumental o‘zgaruvchi topishimiz kerak — ya’ni, u muayyan xossalarga ega bo‘lgan yangi o‘zgaruvchi bo‘lishi lozim.

Faraz qilaylik, z o‘zgaruvchisi u bilan korrelyatsiyalanmagan, lekin educ bilan korrelyatsiyalashgan. Ushbu ikkita shartni qanoatlantiradigan o‘zgaruvchi educ uchun instrumental o‘zgaruvchi hisoblanadi. Biz birinchi farazni (ya’ni z va u o‘rtasidagi bog‘liqlik yo‘qligini) bevosita sinay olmaymiz, chunki u kuzatilmaydi; biroq, ikkinchi shartni osongina tekshirishimiz mumkin — buning uchun tushuntiruvchi o‘zgaruvchini instrumentga nisbatan regressiya qilish kifoya:

$$educ = \pi_0 + \pi_1 z + v \qquad (5.12)$$

Bu regressiyada biz $H_0: \pi_1 = 0$ gipotezasini osonlik bilan rad eta olishimiz kerak. Shuningdek, bu holatda instrumentni tanlash yagona emasligini anglash lozim: ko‘plab o‘zgaruvchilar ushbu ikki shartni — ya’ni ish haqiga ta’sir etuvchi kuzatilmaydigan omillar (masalan, abil) bilan bog‘lanmagan, ammo educ bilan bog‘langan bo‘lish shartlarini — qanoatlantirishi mumkin.

Shuni ham ta’kidlash kerakki, bu holatda biz abil uchun o‘rinbosar o‘zgaruvchi izlamayapmiz; agar bizda abil uchun yaxshi o‘rinbosar mavjud bo‘lsa ham, u yaxshi instrumental o‘zgaruvchi bo‘la olmaydi, chunki abil bilan korrelyatsiya qilish xatolik jarayoni (u) bilan ham korrelyatsiya mavjudligini anglatadi.

Bu kontekstdagi mumkin bo‘lgan instrumental o‘zgaruvchilarga misol sifatida onaning ta’lim darajasi yoki farzandlar sonini keltirish mumkin — bular mantiqan asosli instrument bo‘lishi ehtimol. Agar biz

mos instrument topganimizni aniqlasak, savol tug‘iladi: uni qanday qo‘llash mumkin?

Endi noto‘g‘ri aniqlangan tenglama (5.11) ga qaytaylik va uni umumiy shaklda y va x o‘zgaruvchilar orqali yozaylik:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + u \tag{5.13}$$

Agar endi biz ushbu tenglamadagi har bir hadning instrumental o‘zgaruvchi z bilan kovariatsiyasini olsak, quyidagi natijani olamiz:

$$Cov(y,z) = \beta_1 Cov(x,z) + Cov(u,z) \tag{5.14}$$

Bu yerda biz doimiy miqdor bilan kovariatsiya nolga teng bo‘lishini (ya’ni $Cov(constant,z) = 0$) hisobga oldik.

Agar bizning farazimizga ko‘ra instrument xatolik jarayoni (u) bilan korrelyatsiyalanmagan bo‘lsa, unda oxirgi hadning kutilma qiymati nolga teng bo‘ladi.

Shunday qilib, (5.14) tenglamadan β_1 uchun quyidagi baholovchini hosil qilamiz:

$$b_1 = \frac{cov(y,z)}{cov(x,z)} = \frac{\sum(y_i-\bar{y})(z_i-\bar{z})}{\sum(x_i-\bar{x})(z_i-\bar{z})} \tag{5.15}$$

Shuni ta’kidlash kerakki, bu baholovchi qiziqarli maxsus holatga ega — agar $x = z$ bo‘lsa, ya’ni tushuntiruvchi o‘zgaruvchi o‘zi uchun instrument sifatida xizmat qila olsa (bu esa faqat $Cov(x,u) = 0$ bo‘lganda mumkin), u holda bu baholovchi β_1 ning OLS baholovchisi bo‘lib chiqadi.

Shunday qilib, biz OLS baholovchisini instrumental o‘zgaruvchilar baholovchisining maxsus holati sifatida qarashimiz mumkin — ya’ni, x o‘zgaruvchisi ekzogen (xatolik bilan bog‘liq emas) deb taxmin qilinadigan holatda.

Bundan tashqari, instrumental o‘zgaruvchilar baholovchisi izchil ekanini ham aytish mumkin, agar instrumentning ikki asosiy xossasi bajarilsa:

Instrument u bilan korrelyatsiyalanmagan bo‘lishi kerak ($Cov(z,u) = 0$),

Instrument x bilan korrelyatsiyalangan bo‘lishi kerak ($Cov(z,x) \neq 0$).

Biroq, instrumental o‘zgaruvchilar baholovchi og‘ishsiz emas, ya’ni kichik tanlov (sample) hajmlarida u sezilarli darajada og‘ish ko‘rsatishi mumkin.

5.9-§. Instrumental o‘zgaruvchilar baholovchisi bilan xulosa chiqarish (Inference with the IO‘ estimator)

Instrumental o‘zgaruvchilar baholovchisi yordamida statistik xulosa chiqarish — ya’ni ishonch oraliqlarini va gipotezalarni tekshirish uchun — biz xatolik jarayoni gomoskedastik deb faraz qilamiz. Bu holda, gomoskedastiklik kiritilgan tushuntiruvchi o‘zgaruvchi x ga emas, balki instrumental o‘zgaruvchi z ga nisbatan shartli bo‘ladi.

Ushbu qo‘shimcha faraz asosida biz instrumental o‘zgaruvchilar baholovchisining asimptotik dispersiyasini quyidagicha hosil qilamiz:

$$Var(b_1) = \frac{\sigma^2}{SST_x \rho_{xz}^2} \qquad (5.16)$$

bu yerda: n — tanlanma hajmi,
SST_x — tushuntiruvchi o‘zgaruvchining umumiy kvadratlar yig‘indisi (total sum of squares),
ρ_{xz}^2 — x ni z ga regressiya qilganda olingan R^2 qiymati, ya’ni ularning kvadrat korrelyatsiyasi ((5.12)-tenglama qarang).

Bu kattalikni izchil (consistent) baholash mumkin: σ^2 qiymati qoldiq hadlardan xuddi OLS dagidek hisoblab topiladi.

Instrumentning kuchi va aniqlik. Agar tushuntiruvchi o‘zgaruvchi x va instrument z o‘rtasidagi korrelyatsiya kuchaygan sayin (boshqa omillar o‘zgarmagan holda), baholovchi b_1 ning tanlov dispersiyasi kamayadi. Demak, “yaxshiroq” instrument (ya’ni x bilan kuchliroq bog‘langan, lekin u bilan bog‘liq bo‘lmagan) instrumental o‘zgaruvchilar bahosini aniqroq qiladi.

Shuningdek, bu dispersiya har doim OLS baholovchisining dispersiyasidan katta bo‘lishi kerak, chunki $0 \le \rho_{xz}^2 \le 1$. Agar tushuntiruvchi o‘zgaruvchi o‘zi uchun instrument bo‘lsa, unda $\rho_{xz}^2 = 1$ bo‘ladi.

Shu sababli, instrumental o‘zgaruvchilar baholovchining asimptotik dispersiyasi har doim OLS baholovchisidan kattaroq, lekin bu

shunchaki qo‘shimcha noaniqlik manbai (instrument orqali kiritiladigan, x bilan to‘liq korrelyatsiyalanmaganlik) sababli yuz beradi.

Zaif (yomon) instrument ishlatilsa nima bo‘ladi? Agar biz zaif yoki “poor” instrument ishlatsak — ya’ni x va z o‘rtasidagi korrelyatsiya juda past bo‘lsa, quyidagi oqibatlar yuz beradi:

-Baholovchida katta og‘ish paydo bo‘ladi.

-Agar z va u o‘rtasida hatto ozgina korrelyatsiya mavjud bo‘lsa, zaif bog‘lanish instrumental o‘zgaruvchilar bahosini izchillikdan chiqaradi (inconsistent qiladi).

Biz z va u o‘rtasidagi korrelyatsiyani bevosita o‘lchay olmaymiz, lekin x va z o‘rtasidagi bog‘liqlikni empirik tekshirishimiz mumkin va buni har doim qilishimiz zarur.

Shuni ham ta’kidlash kerakki, instrumental o‘zgaruvchilar baholovchisi kontekstidagi R^2 o‘lchovi biz OLS doirasida tanish bo‘lgan “izohlangan o‘zgarish foizi” (percentage of variation explained) ma’nosiga ega emas.

Agar x va u o‘rtasida korrelyatsiya mavjud bo‘lsa, biz endi y dagi o‘zgarishni ikki mustaqil komponent - SSE (xatoliklar kvadratlar yig‘indisi) va SSR (regressiya orqali izohlangan kvadratlar yig‘indisi) ga ajrata olmaymiz, shuning uchun R^2 tabiiy izohga ega bo‘lmaydi.

OLS kontekstida, birgalikdagi gipotezani R^2 qiymatlari orqali ifodalash mumkin; biroq, instrumental o‘zgaruvchilar kontekstida buni amalga oshirib bo‘lmaydi.

Xuddi instrumental o‘zgaruvchilar baholovchisining asimptotik dispersiyasi OLSnikidan katta bo‘lgani kabi, instrumental o‘zgaruvchilardan olingan R^2 ham OLS dan olingan R^2 dan yuqori bo‘la olmaydi.

Agar bizning maqsadimiz faqat R^2 ni maksimal qilish bo‘lsa, unda OLS ishlatgan bo‘lardik; ammo OLS og‘ishli (biased) va izchil bo‘lmagan holatlarda, biz izchil regressiya parametrlarini baholovchi usulni izlaymiz, ya’ni nomuvofiq parametr baholari asosidagi “eng kichik kvadratlar” yechimini mexanik tarzda topishni emas.

5.10-§. Ko‘p o‘zgaruvchili regressiya tahlilida instrumental o‘zgaruvchi baholar

Yuqorida ko‘rsatilgan instrumental o‘zgaruvchilar texnikasi ko‘p o‘zgaruvchili regressiya holatiga ham osongina kengaytirilishi mumkin. Belgilash kiritish uchun quyidagi strukturaviy tenglamani ko‘rib chiqamiz:

$$y_1 = \beta_0 + \beta_1 y_2 + \beta_2 z_1 + u_1 \qquad (5.17)$$

Bu yerda kuzatuv indekslari qulaylik uchun keltirilmagan. y o‘zgaruvchilar endogen, z o‘zgaruvchi esa ekzogen hisoblanadi. y_2 ning endogen tabiati shuni anglatadiki, agar ushbu tenglama OLS yordamida baholansa, natijada olingan baholar og‘ishli va izchil bo‘lmagan bo‘ladi, chunki xatolik hadi (u_1) y_2 bilan korrelyatsiyalangan bo‘ladi. Shuning uchun bizga y_2 uchun instrument kerak, ya’ni shunday o‘zgaruvchi kerakki, u y_2 bilan korrelyatsiyalangan, lekin u bilan korrelyatsiyalanmagan bo‘lsin.

Endogen tushuntiruvchi o‘zgaruvchini ekzogen o‘zgaruvchilar, shu jumladan instrument z_2, orqali quyidagicha yozish mumkin:

$$y_2 = \pi_0 + \pi_1 z_1 + \pi_2 z_2 + v \qquad (5.18)$$

Asosiy identifikatsiya sharti shuki, $\pi_2 \neq 0$ bo‘lishi kerak; ya’ni z_1 ni chiqarib tashlagandan keyin ham y_2 va z_2 o‘rtasida mazmunli korrelyatsiya mavjud bo‘lishi zarur. Bu shartni (5.18)-tenglamani baholash orqali amalda tekshirish mumkin. Biroq, boshqa muhim farazni — ya’ni ushbu kontekstda $cov(z_2, v) = 0$ ekanligini bevosita sinovdan o‘tkazib bo‘lmaydi.

Agar ushbu farazlar bajarilgan deb hisoblasak, unda biz (5.17)-tenglama uchun instrumental o‘zgaruvchilar baholovchisini hosil qilishimiz mumkin. Buning uchun eng kichik kvadratlar usulining “normal tenglamalarini” yozib, ularni nuqta baholar bo‘yicha yechish kifoya qiladi. Ushbu holatda z_1 o‘zi uchun instrument sifatida xizmat qiladi.

Bu mantiqni biz tenglamaga qo‘shimcha ekzogen o‘zgaruvchilarni kiritish orqali istalgan darajada kengaytirishimiz mumkin. Bunday hollarda (5.18)-tenglamaga o‘xshash yordamchi regressiyada $\pi_2 \neq 0$

bo‘lish sharti har doim amal qiladi. Xuddi shuningdek, biz tenglamada qo‘shimcha endogen o‘zgaruvchilarni ham tasavvur qilishimiz mumkin; bunda har bir yangi endogen o‘zgaruvchi uchun alohida mos instrument topishimiz kerak bo‘ladi. Har bir instrument yuqorida keltirilgan ikki asosiy shartni qanoatlantirishi kerak:

- Endogen o‘zgaruvchi bilan korrelyatsiyalangan bo‘lishi kerak;
- Xatolik hadi bilan korrelyatsiyalanmagan bo‘lishi kerak.

5.11-§. Ikki bosqichli eng kichik kvadratlar usuli (Two Stage Least Squares — 2SLS)

Agar bizda (5.17)-tenglamadagidek bitta endogen tushuntiruvchi o‘zgaruvchi mavjud bo‘lsa, lekin bir nechta potensial instrumentlar mavjud bo‘lsa, unda nima sodir bo‘ladi? Shunday holatlar bo‘lishi mumkinki, bir nechta o‘zgaruvchilar mavjud bo‘lib, ularning har biri (5.18)-tenglamadagi kabi yordamchi regressiyada muhim (signifikant) koeffitsientga ega bo‘ladi va u bilan korrelyatsiyalanmagan deb hisoblanadi.

Qaysi potensial instrumentlardan foydalanishimizga qarab, biz turlicha instrumental o‘zgaruvchilar baholarini hosil qilamiz — va bu baholar o‘z aniqligi jihatidan ham farq qiladi. Bu esa juda yoqimsiz vaziyat hisoblanadi, chunki bu shuni anglatadiki: instrumental o‘zgaruvchilar baholash usulini qanday amalga oshirishimizga qarab, biz strukturaviy model haqida turlicha sifat jihatidagi xulosalarga kelishimiz mumkin.

Aynan shu muammoni hal qilish uchun ikki bosqichli eng kichik kvadratlar usuli (2SLS) ishlab chiqilgan. Endi savol tug‘iladi: bir nechta instrumentlarni qanday qilib bitta samarali instrumentga birlashtirib, (5.17)-tenglamadagi instrumental o‘zgaruvchilar baholashni amalga oshirish mumkin?

Buning tabiiy yo‘li, eng mantiqiy va tizimli yechim — regressiya tahlilini bajarishdir. Ya’ni, (5.18)-tenglama shaklidagi yordamchi regressiyani bajarish kerak, bunda mavjud bo‘lgan barcha instrumentlar tushuntiruvchi o‘zgaruvchilar sifatida kiritiladi. Ushbu yordamchi regressiyadan olingan bashorat qilingan qiymatlar ($\hat{y}_2$) — ya’ni y_2 ning

prognoz qiymatlari — endi y_2 uchun instrument sifatida xizmat qiladi. Shu yordamchi regressiya 2SLS usulining “birinchi bosqichi” deb ataladi.

Keyingi bosqichda, ya’ni “ikkinchi bosqich” da, biz yuqorida ishlab chiqilgan instrumental o‘zgaruvchilar baholovchini qo‘llaymiz, lekin bu safar hosil qilingan instrument ($\hat{y}_2$) dan foydalanamiz. Algebraik jihatdan isbotlash mumkinki, biz ilgari ishlab chiqqan instrumental o‘zgaruvchilar baholovchi aslida 2SLS baholovchisining o‘zidir.

Shuni ta’kidlash kerakki, agar bir nechta instrumentlar mavjud bo‘lsa, instrumental o‘zgaruvchilar baholovchi noaniq bo‘lib qoladi — ya’ni, turli instrument kombinatsiyalaridan turli natijalar chiqishi mumkin. Biroq 2SLS baholash usuli har doim berilgan instrumentlar to‘plami uchun yagona parametr qiymatlarini beradi.

Garchi ta’limiy (pedagogik) nuqtai nazardan biz bu jarayonni “ikki bosqichli” deb atayotgan bo‘lsakda, amalda 2SLS usulini qo‘lda (ya’ni “by hand”) bajarish tavsiya etilmaydi. Nima uchun? Sababi, ikkinchi bosqichda olinadigan qoldiqlar noto‘g‘ri bo‘ladi, chunki ular asl o‘zgaruvchilardan emas, instrumentlardan (bashorat qilingan qiymatlardan) hisoblanadi. Natijada, ushbu noto‘g‘ri qoldiqlardan hisoblangan barcha statistikalar ham xato bo‘ladi: masalan, baholangan dispersiya (s^2), parametrlarning baholangan standart xatolari (standard errors) va boshqa statistik ko‘rsatkichlar. Shuning uchun 2SLS baholashni maxsus dasturiy ta’minot orqali bajarish kerak bu dasturlar ichida 2SLS yoki instrumental variables (IO‘) deb nomlangan buyruqlar mavjud.

Masalan, Stata dasturida instrumental o‘zgaruvchilar yoki 2SLS baholashni bajarish uchun “ivregress” buyrug‘idan foydalaniladi.
Ushbu buyruqning sintaksisi quyidagicha:

ivregress 2sls depvar [varlist1] (varlist2 = varlist_iv)

Bu yerda:
depvar — bu bog‘liq o‘zgaruvchi (dependent variable), ya’ni modelda tushuntirilayotgan o‘zgaruvchi;

varlist1 — bu (ixtiyoriy) ekzogen o‘zgaruvchilar ro‘yxati, masalan, (5.17)-tenglamadagi z_1 kabi o‘zgaruvchilar;
varlist2 — bu endogen o‘zgaruvchilar ro‘yxati, masalan, (5.17)-tenglamadagi y_2;
varlist_iv — bu instrumentlar ro‘yxati, ya’ni ular tenglamaning o‘zida mavjud emas, ammo instrumental variables estimator ni hosil qilishda ishlatiladi.

Agar biz (5.17)-tenglamani Stata dasturida baholamoqchi bo‘lsak, quyidagi buyruqni kiritamiz:

$$\text{ivreg y1 z1 (y2 = z2)}$$

Agar tenglamada qo‘shimcha ekzogen o‘zgaruvchilar mavjud bo‘lsa, ular buyruqda z_1 dan keyin yoziladi. Agar bizda qo‘shimcha instrumentlar bo‘lsa (ya’ni, haqiqiy 2SLSni bajarayotgan bo‘lsak), ular z_2 dan keyin kiritiladi.

Shunday qilib, amaliy jihatdan 2SLS — bu ikki bosqichdan iborat nazariy jarayonni kompyuter yordamida bitta to‘liq buyruq bilan bajarishdir.

2SLS baholovchisi yanada murakkab modellar uchun ham qo‘llanilishi mumkin, bunda bir nechta endogen tushuntiruvchi o‘zgaruvchilar mavjud bo‘ladi (bular buyruqda y_2 dan keyin keltiriladi), shuningdek, istalgan miqdorda instrumentlar va ekzogen o‘zgaruvchilar ham mavjud bo‘lishi mumkin. Har doim bajarilishi kerak bo‘lgan asosiy cheklov — bu qavs ichidagi ro‘yxatlarga bog‘liq bo‘lgan identifikatsiya uchun zarur tartib shartidir.

Intuitiv tarzda, bu shart shuni anglatadiki: har bir endogen o‘zgaruvchi (masalan, y_2) uchun hech bo‘lmaganda bitta instrument mavjud bo‘lishi kerak — ya’ni, tenglamaning o‘zida qatnashmaydigan, yoki eksklyuziya cheklovini qanoatlantiradigan bitta ekzogen o‘zgaruvchi bo‘lishi zarur.

Agar modelda uchta endogen o‘zgaruvchi mavjud bo‘lsa, unda tenglama identifikatsiya qilinishi uchun kamida uchta instrument kerak bo‘ladi (ya’ni, buyruqda “=” belgisidan keyin uchta instrument bo‘lishi shart). Aks holda, tenglama identifikatsiya qilinmagan bo‘ladi — demak,

instrumental variables estimator orqali yagona yechim topishning iloji bo‘lmaydi.

Agar endogen o‘zgaruvchilar soni aniq ekzogen o‘zgaruvchilar soniga teng bo‘lsa, u holda tartib sharti tenglik asosida bajarilgan bo‘ladi va standart IO‘ baholovchi orqali yechim olish mumkin.

Agar bizda keragidan ko‘p instrumentlar mavjud bo‘lsa, bu holatda tartib sharti tengsizlik asosida bajariladi va 2SLS baholash shakli ishlatiladi — chunki bu holatda bizda noma’lumlardan ko‘ra ko‘proq tenglamalar mavjud bo‘ladi, ya’ni tenglama ortiqcha identifikatsiyalangan bo‘ladi. Agar aksincha, keragidan kam instrumentlar mavjud bo‘lsa, unda tartib sharti bajarilmaydi, chunki noma’lumlar soni tenglamalar sonidan ko‘p bo‘ladi. Bunday holatda hech qanday ekonometrik usul bu kam identifikatsiyalanganlik muammosini hal qila olmaydi.

Shuningdek, identifikatsiya uchun qo‘shimcha shartlar ham mavjud — tartib sharti zarur, lekin yetarli emas. Ya’ni, har bir instrument bog‘liq o‘zgaruvchi bilan nolga teng bo‘lmagan qisman korrelyatsiyaga ega bo‘lishi kerak. Bu shart, masalan, agar instrument sifatida tanlangan o‘zgaruvchi aslida tenglamadagi ekzogen o‘zgaruvchilarning chiziqli kombinatsiyasi bo‘lib chiqsa, bajarilmaydi.

5.12-§. Instrumental o‘zgaruvchilar va o‘lchovdagi xatolar

Instrumental o‘zgaruvchilar baholovchisi ilgari muhokama qilingan o‘lchovdagi xatolar modeli muammosini hal etishda ham samarali qo‘llanishi mumkin. Bu, ajablanarli emas, chunki o‘lchovdagi xatolar sababli yuzaga keladigan ekonometrik qiyinchiliklar matematik jihatdan endogen tushuntiruvchi o‘zgaruvchi bilan bog‘liq muammoga o‘xshashdir.

O‘lchovdagi xatolar muammosini hal qilish uchun bizga noto‘g‘ri o‘lchangan x o‘zgaruvchi uchun instrument kerak bo‘ladi. Bu instrument odatdagi shartlarni qanoatlantirishi lozim: u x bilan yaxshi korrelyatsiyalangan bo‘lishi kerak, lekin xatolik jarayoni bilan korrelyatsiyalanmagan bo‘lishi shart.

Agar x o‘zgaruvchining ikkinchi o‘lchovini topish mumkin bo‘lsa, hatto bu o‘lchovda ham o‘lchash xatosi mavjud bo‘lsa-da, undan instrument sifatida foydalanish mumkin. Sababi, u asosan x ning haqiqiy qiymati bilan yaxshi korrelyatsiyalangan bo‘ladi, ammo mustaqil o‘lchash jarayoni orqali yaratilganligi sababli, asl o‘lchovdagi xatolik bilan korrelyatsiyalanmagan bo‘ladi.

Masalan, biz uy xo‘jaliklari so‘rovi o‘tkazishimiz kerak, unda foydalanish mumkin bo‘lgan daromad, iste’mol va jamg‘arma haqida so‘raladi. Respondentlarning o‘tgan yildagi jamg‘armalari haqidagi javoblari o‘lchov xatosiga ega bo‘lishi mumkin, chunki jamg‘armani hisoblash daromadni aniqlashdan ancha murakkab. Xuddi shunday, ularning iste’mol toifalariga sarflagan mablag‘lari haqidagi baholari ham aniq bo‘lmasligi mumkin. Ammo biz daromad va iste’mol haqidagi ma’lumotlardan foydalanib, jamg‘armaning ikkinchi (xato o‘lchangan) bahosini hisoblashimiz mumkin. Shu tarzda olingan ikkinchi o‘lchov instrument sifatida ishlatiladi va bu to‘g‘ridan-to‘g‘ri o‘lchovdagi xato muammosini yumshatadi.

Instrumental o‘zgaruvchilar baholovchisi shuningdek, proksi o‘zgaruvchi muammolarini hal etishda ham qo‘llanilishi mumkin. Masalan, biz logni education va experience ga regressiya qilmoqdamiz, lekin nazariy modelga ko‘ra, regressiyada “ability” (qobiliyat) ham bo‘lishi kerak. Chunki bizda ability ni bevosita o‘lchaydigan ko‘rsatkich yo‘q, biz test natijasini proksi sifatida ishlatamiz.

Ammo bu yondashuv muammo tug‘dirishi mumkin, chunki test natijasi va haqiqiy qobiliyat o‘rtasidagi o‘lchov xatosi test ballining xatolik hadiga (error term) korrelyatsiyalangan bo‘lishiga olib keladi.

Buni hal qilish mumkin, agar bizda ikkinchi test natijasi (boshqa turdagi qobiliyat testi bo‘yicha) mavjud bo‘lsa. U holda birinchi test natijasi o‘lchovdagi xato sababli qobiliyatni to‘liq ifodalay olmasa-da, ikkalasi ham bir-biri bilan korrelyatsiyalangan bo‘ladi va birinchi testdagi o‘lchov xatosi ikkinchi test bilan korrelyatsiyalangan bo‘lmaydi. Shu sababli, ikkinchi test natijasi birinchi test natijasi uchun instrument sifatida ishlatilishi mumkin.

5.13-§. Endogenlik va ortiqcha identifikatsiya uchun testlar

Instrumental o‘zgaruvchilar (IO‘) yoki ikki bosqichli eng kichik kvadratlar (2SLS) usullaridan foydalanish baholovchilarning dispersiyalarini oshiradi, natijada baholash natijalaridan xulosa chiqarish qobiliyatimiz zaiflashadi. Shu sababli, ma’lum bir tenglamada instrumental o‘zgaruvchilar (yoki 2SLS) qo‘llash zarurmi, yo‘qmi — bu masalada ehtiyot bo‘lish lozim.

Endogenlikni aniqlash uchun testlardan biri aynan shu kontekstdagi tahlilda amalga oshirilishi mumkin.

Faraz qilaylik, bizda quyidagi tenglama mavjud:

$$y_1 = \beta_0 + \beta_1 y_2 + \beta_2 z_1 + \beta_3 z_2 + u_1 \qquad (5.19)$$

Bu yerda y_2 — yagona endogen tushuntiruvchi o‘zgaruvchi va z lar — tenglamaga kiritilgan ekzogen o‘zgaruvchilar.

Faraz qilaylik, bu tenglama instrumental o‘zgaruvchilar uchun ortiqcha identifikatsiyalangan ya’ni bizda (bu holda z_3 va z_4 kabi) kamida ikkita instrument mavjud, ular yordamida (5.19)-tenglamani 2SLS orqali baholash mumkin.

Agar biz 2SLS ni bajarsak, birinchi bosqichda quyidagi reduksiyalangan shakldagi tenglamani baholaymiz:

$$y_2 = \pi_0 + \pi_1 z_1 + \pi_2 z_2 + \pi_3 z_3 + +\pi_4 z_4 + v \qquad (5.20)$$

Bu tenglamadan biz OLS qoldiqlarini (residuals), ya’ni $\hat{v}$ (v-hat) ni hisoblashimiz mumkin. Bu qoldiqlar y_2 ning z lar bilan bog‘liq bo‘lmagan qismini ifodalaydi.

Agar (5.19)-tenglamada y_2 endogenlik muammosiga ega bo‘lsa, bu $cov(v, u_1) \neq 0$ bo‘lishi bilan ifodalanadi.

Biz v ni to‘g‘ridan-to‘g‘ri kuzata olmaymiz, ammo uning izchil bahosini — $\hat{v}$ ni hisoblay olamiz. Keyin, $\hat{v}$ ni qo‘shimcha regressiya o‘zgaruvchisi sifatida quyidagi OLS modeliga qo‘shamiz:

$$y_1 = \beta_0 + \beta_1 y_2 + \beta_2 z_1 + \beta_3 z_2 + \delta\hat{v} + \omega \qquad (5.21)$$

Endi δ ning ahamiyatliligini test qilamiz. Agar $cov(v, u_1) = 0$ bo‘lsa, δ bahosi statistik jihatdan noldan farq qilmasligi kerak.

Agar bu holat tasdiqlansa, demak y_2 endogen emas, ya’ni asl tenglamada OLS usuli ishonchli qo‘llanishi mumkin.

Agar biz $\delta = 0$ gipotezasini rad qilsak, demak OLSga ishonish mumkin emas va biz instrumental o‘zgaruvchilar yoki 2SLS usulidan foydalanishimiz kerak.

Bu testni, agar tenglamada bir nechta endogen o‘zgaruvchilar mavjud bo‘lsa, kengaytirish mumkin. Bunday holatda, δ koeffitsientlar to‘plami birgalikda nolga teng degan gipotezani F-test yordamida tekshiriladi. Bu test Stata dasturida ivregress buyrug‘idan so‘ng estat endog komandasi orqali amalga oshiriladi.

Biz hech qachon to‘g‘ridan-to‘g‘ri instrumentlar xatolik jarayoni (u) bilan korrelyatsiyalanmagan degan asosiy farazni sinab ko‘ra olmaymiz.

Biroq, agar bizda instrumentlar ortiqcha bo‘lsa — ya’ni biz 2SLS ishlatayotgan bo‘lsak — bu holda instrumentlarning mosligi haqida bilvosita dalillar olishimiz mumkin.

Rivregress natijasidan olingan qoldiqlar barcha ekzogen o‘zgaruvchilar (tenglamadagi z lar va instrumentlar) ga nisbatan regressiya qilinadi. Agar barcha instrumental o‘zgaruvchilar xatolik hadiga (u) korrelyatsiyalanmagan degan nol gipoteza to‘g‘ri bo‘lsa, unda Lagrange multiplikatori statistikasi (LM statistic) — shaklida nR^2 qiymati — $\chi^2(r)$ taqsimotining tanqidiy qiymatidan oshmaydi. Bu yerda r — ortiqcha identifikatsiya cheklovlari soni, ya’ni ortiqcha instrumentlar sonini bildiradi.

Agar biz bu gipotezani rad etsak, bu holda instrumentlarning mosligi shubha ostiga olinadi, ya’ni ularning kamida ba’zilari xatolik jarayoni bilan ortogonal emas, demak instrumental o‘zgaruvchilar shartlarini buzadi.

Ushbu test ham Stata dasturida ivregress buyrug‘idan so‘ng estat overid komandasi yordamida bajariladi.

Nazorat uchun savollari:

1. Ekonometrik modellarda panel ma’lumotlarini tahlili?
2. Taklif va boshqa bozor iqtisodiyot qonunlari namoyon bo‘lishini o‘rganishda regression tahlil usullarida panel ma’lumotlardan foydalanish

tartibini misollarda tushuntirib bering.

3. Bozor narxiga nisbatan taklif elastikligini aniqlash maqsadida panel ma'lumotlarini tahlilining foydalanish tartibini aniq bir misolda tushuntirib bering.

4. Umumlashtirilgan eng kichik kvadratlar usulidan qaysi hollardan foydalaniladi?

5. Umumlashtirilgan eng kichik kvadratlar usulidan amaliy foydalanish muammolari nimalardan iborat?

VI BOB. NOCHIZIQI VA IXTISOSLASHGAN MODELLAR

6.1-§. Binar qiymatlar uchun Logit va Probit modellar

Ekzogen o'zgaruvchi faqat ikkita holatni qabul qiladigan muammolar toifasi mavjud: masalan, litsenziya imtihonida muvaffaqiyat qozonish. Bog'langan o'zgaruvchi esa birlik va nollardan tashkil topgan vektordir. Sarflangan vaqt (yoki mablag') asosida ijobiy natija ehtimolini aniqlash talab etiladi. Chiziqli modelning bunday sharoitda yaroqsizligi ravshan. Agar X chegara qiymatidan past bo'lsa, funktsiya juda kichik qiymatlarga ega bo'lishi kerak, so'ngra birlik sathigacha o'sib boradi va asimptotik xususiyat ko'rsatishi kerak, chunki ehtimol hech qanday shartda birdan oshishi mumkin emas. Ushbu talablar quyidagi ikkita funktsiya bilan qondiriladi: logistik funktsiya

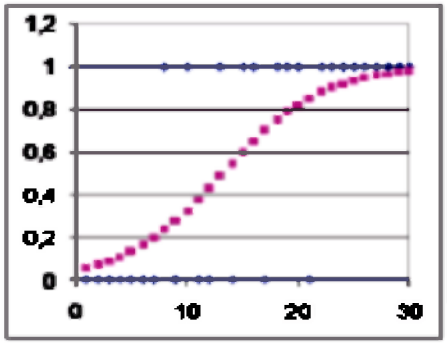
$$Y = \frac{1}{1+\exp(-Z)}$$

va kumulativ normal taqsimot funktsiyasi

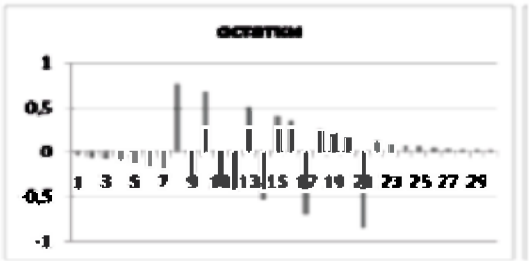
$$\hat{Y} = \int \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp\left(-\frac{(Z-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

bunda $Z = a + bx$.

Ikkala funktsiya parametrlarini Find yechimidan foydalanib, eng kichik kvadratlar usuli bilan baholash mumkin. Natijalar 6.1-rasmda ko'rsatilgan. Ammo bu yerda Gauss-Markov teoremasining qoldiqlarning normal taqsimlanishi, avtokorrelyatsiya va geterosedastiklikning yo'qligi talablari bajarilmaydi (6.2-rasm). Statistik tahlil dasturlari Logit va Probit funktsiyalarini o'z ichiga oladi; ular maksimal ehtimollik usuliga asoslangan va bunday muammolarni hal qilish imkoniyatini beradi.



6.1-rasm



6.2-rasm

6.2-§. Logit va Probit modellarni aniqlash. Logit va Probit modellarining maksimal ehtimoliligini baholash

Maksimal ehtimollik usuli Gauss-Markov teoremasining talablari (geterosedastiklik, qoldiqlarning normal taqsimlanmaganligi va avtokorrelyatsiya) bajarilmasa ham qo‘llash imkoniyatini beradi. Usul, qo‘shma ehtimollikni maksimallashtiradigan tarzda taqsimot funktsiyasining parametrlarini tanlashga asoslanadi, ya’ni o‘zgaruvchining (qoldiqlarning) kuzatilgan qiymatlari paydo bo‘lishining birgalikda ro‘y berish ehtimolini eng yuqori darajaga chiqarishga qaratilgan. Quyida bir misol keltiramiz. Faraz qilaylik, X o‘zgaruvchining matematik kutilishi $E(X)$ ni uning ikkita kuzatish qiymati asosida baholash talab qilinsin: $X_1 = 4$ va $X_2 = 6$. Buning uchun o‘rtacha qiymatdan, ya’ni $X_{o'rtacha} = (4+6)/2$ dan foydalanish mumkin. Agar X o‘zgaruvchisi ma’lum standart og‘ish bilan normal taqsimlanganligi ma’lum bo‘lsa, u holda quyidagi ifodani maksimal qiymatga olib keladigan $E(X) = \mu$ ni tanlash mumkin:

$$L(X_1, X_2, \mu = p(X_1, X_2, \mu)) = p(X_1, \mu) \cdot p(X_2, \mu) =$$

$$= \frac{Exp(-(X_1 - \mu)^2/(2\sigma^2))}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{Exp(-(X_2 - \mu)^2/(2\sigma^2))}{\sigma\sqrt{2\pi}}$$

bu ifoda ehtimollik funktsiyasi deb ataladi.

Uning logarifmi

$$l(X_1, X_2, \mu) = \ln(L(X_1, X_2, \mu)) = \sum(-(X_i - \mu)^2/(2\sigma^2) - \ln(\sigma) - \ln(\sqrt{2\pi}))$$

$\sigma = 1$ uchun

$$\mu = 4 : l(4,6,4) = -(4-4)^2 - (6-4)^2 = -4$$

$$\mu = 5 : l(4,6,5) = -(4-5)^2 - (6-5)^2 = -2$$

$$\mu = 6 : l(4,6,6) = -(4-6)^2 - (6-6)^2 = -4$$

Demak, ehtimollik funktsiyasining eng yuqori qiymatiga $\mu = 5$ da erishiladi.

Ekonometrik model qurishda μ o‘rniga regressiya funksiyasining koeffitsiyentlari baholanadi. $\hat{Y} = a + bX$ juftlangan regressiya holatida a va b koeffitsiyentlari shunday tanlanadiki, ular Y va $\hat{Y}$ qiymatlari to‘plami uchun, ularning farqlari (qoldiqlar) ma’lum bir zichlik taqsimot

funksiyasiga ega bo‘lganda, ehtimollik funksiyasini maksimal darajaga chiqaradi.

Quyida juftlangan regressiya ikki usul yordamida tuziladi: Eng Kichik Kvadratlar (EKK) va Maksimal Ehtimollik Usuli (MEU). Qoldiqlarning taqsimlanishi standart og‘ish σ bilan baholangan holda normal deb qabul qilinadi. MEU texnologiyasi EKK ga o‘xshash Search yechimidan foydalanadi: boshlang‘ich qiymatlar sifatida a, b shuningdek qo‘shimcha ravishda σ o‘rnatiladi; $\hat{Y} = a + bX$ funksiya a, b yordamida tuziladi, $Y_i - \hat{Y}_i$ qoldiqlar hisoblanadi, ammo keyin qoldiqlarning kvadratlari emas, balki $\frac{qoldiq}{2\sigma^2} + \ln\sigma$ ifodasi va ularning yig‘indisi –ln(L) ga teng bo‘ladi. Yechimni izlash a, b va ehtimol σ kataklarni o‘zgartirib, minimal darajani qidiradi. MEU bo‘yicha kvadratik qoldiqlar taqqoslash uchun keltirilgan: ularning yig‘indisi EKK ga nisbatan kichik ekanligi ko‘rinadi; bu modelning moslashuvi yuqori sifatda ekanligidan dalolat beradi.

6.3-§. Ko’p maqsadli gipotezalarini tekshirish

Ko‘pmaqsadli gipotezalar tekshiruvi – bu statistik tahlilning muhim tarmog‘i bo‘lib, bir vaqtning o‘zida bir nechta statistik farazlarni sistemali ravishda sinovdan o‘tkazish metodologiyasini o‘z ichiga oladi. Oddiy gipoteza tekshiruvi bir parametr yoki bir bog‘lanish haqidagi yagona farazni tekshira oladi, ammo amaliyotda ko‘pincha bir model ichida bir nechta bog‘liqliklarni birgalikda baholash zarurati tug‘iladi.

Nazariy to‘liqlik: Ko‘pgina ilmiy nazariyalar bir nechta bir-biri bilan bog‘liq taxminlarni o‘z ichiga oladi. Masalan, "ta'lim va tajriba ish haqiga ijobiy ta'sir ko‘rsatadi" degan nazariyani tekshirish uchun ikkala o‘zgaruvchining ham ahamiyatini bir vaqtda ko‘rib chiqish lozim.

Model sifati: Regressiya tahlilida ko‘pincha bir nechta koeffitsiyentlarning bir vaqtda ahamiyatsiz ekanligini tekshirish modelning umuman foydaliligi haqida qaror qabul qilish imkonini beradi.

Xato boshqaruvi: Bir nechta gipotezalarni alohida-alohida tekshirishda statistik xato qilish ehtimoli keskin ortadi. Ko‘p maqsadli testlar bu xavfni boshqarishga yordam beradi.

F-testi (Umumiy ahamiyatlilik testi) – batafsil tahlil

F-testi – bu ko‘pmaqsadli gipotezalar tekshirishning eng klassik va keng qo‘llaniladigan usuli bo‘lib, asosan regressiya tahlilida modelning umumiy ahamiyatliligini baholash uchun ishlatiladi.

F-statistika quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$F = \frac{(R^2_{cheklanmagan} - R^2_{cheklangan})/q}{(1 - R^2_{cheklanmagan})/(n-k-1)}$$

bu yerda $R^2_{cheklanmagan}$ – to‘liq modelning determinatsiya koeffitsiyenti, $R^2_{cheklangan}$ – cheklangan modelning determinatsiya koeffitsiyenti, q – qo‘yilgan cheklovlar soni (tekshirilayotgan gipotezalar soni), n – kuzatishlar soni, k– to‘liq modeldagi mustaqil o‘zgaruvchilar soni.

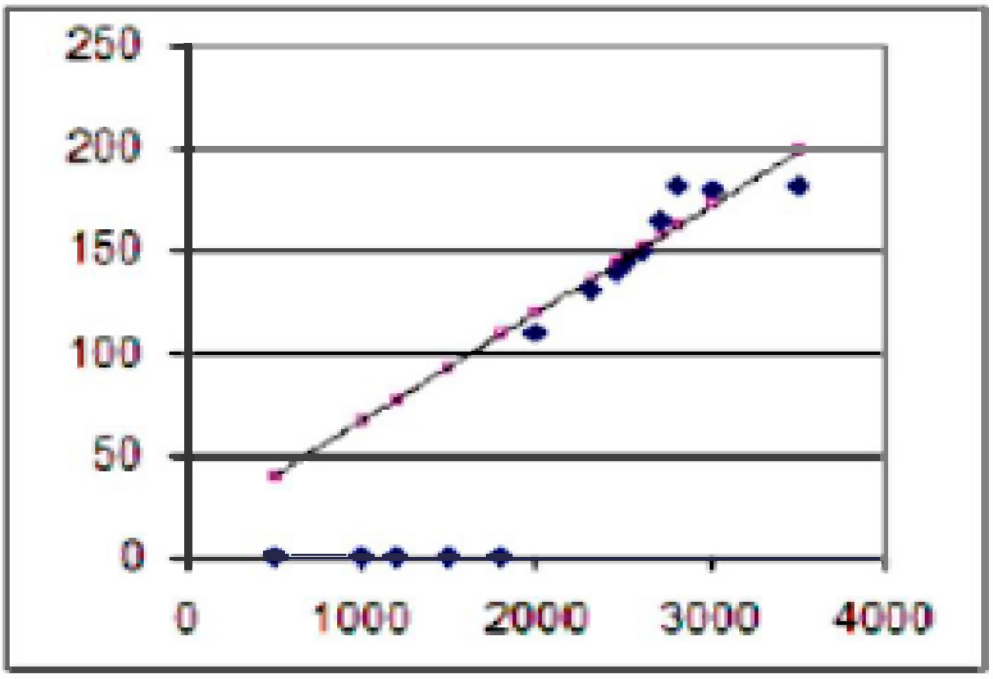
F-testi ko‘p maqsadli gipotezalar tekshirishning asosiy vositasi bo‘lib, u nafaqat modelning umumiy ahamiyatliligini, balki turli guruhlar yoki shartlar o‘rtasidagi farqlarni ham baholash imkonini beradi. To‘g‘ri qo‘llanganda, u tadqiqotchi kompleks statistik muammolarni yechishda kuchli vosita bo‘la oladi.

6.4-§. Burchak yechimi javoblari uchun Tobit modeli

Antik buyumlar, zargarlik mahsulotlari va shu kabi narsalarni xarid qilish bilan bog‘liq holatni ko‘rib chiqaylik, bunda xaridlar oilaning daromadiga bog‘liq. Ma’lumki, past daromadli oilalar bunday tovarlarni sotib olmaydi yoki deyarli xarid qilmaydi; daromadning ma’lum bir chegara qiymatiga yaqin bo‘lgan oralig‘ida xaridlar soni ahamiyatsiz bo‘lib qoladi, so‘ngra tabiiy o‘sish boshlanadi. Bunday holat uchun ekonometrik modelni qanday qurish mumkin? Ma’lumotlar qatorini klasterlarga ajratish va ularni chiziqli muzqaymoq savdosi modelidagi kabi alohida ishlov berish mumkin.

Bu yondashuv 6.2-rasmda ko‘rsatilgan modelda amalga oshirilgan. Jeyms Tobin shunday muammolarni maksimal ehtimollik usuliga asoslangan echim berish metodikasini taklif qildi: bunda qoldiqlarning

chap tomondan kesilgan normal taqsimotga ega ekanligi qabul qilinadi. Tobin usuli yoki Tobit tahlili statistik dasturiy paketlarga (Stata, EViews va boshqalar) kiritilgan bo‘lib, bunday modellarning parametrlarini baholash imkoniyatini beradi.



6.3-rasm

6.5-§. Cheksiz taqsimlangan lagli modellar

$DL(q)$ modelini ko‘rib chiqamiz (bu yerda q – maksimal lag):

$$Y_t = \delta + \beta_0 X_t + \ldots + \beta_q X_{t-q} + \varepsilon_t, \quad t = \overline{1,n}$$

bu yerda X_t o‘zgaruvchi determinist (tasodifiy emas), ε_t esa matematik kutilishi nol va dispersiyasi σ_ε^2 bo‘lgan aditiv oq shovqin hisoblanadi.

X_t o‘zgaruvchi oldidagi β_0 regressiya koeffitsiyenti, lagli qiymatlarning ta’sirini hisobga olmagan holda, ma’lum bir t vaqtida X_t ning bir birlik o‘zgarishi Y_t o‘zgaruvchining o‘rtacha qanchalik o‘zgarishini belgilaydi. Ushbu koeffitsiyent qisqa muddatli multiplikator deb ataladi.

$(t+1)$ vaqt momentida X_t omilining Y_t ga umumiy ta’siri $(\beta_1 + \beta_0)$ ga teng bo‘lib, orasidagi (intermediate) multiplicator hisoblanadi. $(t+2)$

vaqt momentida esa bu ta'sir $(\beta_0 + \beta_1 + \beta_2)$ ga teng bo'ladi va shu tartibda davom etadi.

Maksimal $(t+q)$ lag uchun X_t ning Y_t ga umumiy ta'siri $\beta = (\beta_0 + \beta_1 + ... + \beta_q)$ yig'indi bilan baholanadi va bu uzoq muddatli multiplicator deb yuritiladi.

Quyidagi

$$\tilde{\beta}_j = \beta_j / \beta;\ j = \overline{0,q}$$

miqdorlar taqsimlangan lag modelining nisbiy koeffitsiyentlari deyiladi.

Agar barcha β_j koeffitsiyentlar bir xil ishoraga ega bo'lsa, u holda $0 < \tilde{\beta}_j < 1$ va ularning yig'indisi birga teng bo'ladi:

$$\sum_{j=1}^{q} \tilde{\beta}_j = 1.$$

Modelning o'rtacha lag miqdori quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$\overline{q} = \sum_{j=1}^{q} j\tilde{\beta}_j$$

bu esa vaznlangan o'rtacha arifmetik ko'rinishiga ega.

O'rtacha lag$t$ vaqtida X_t omilining o'zgarishi ta'sirida Y_t o'zgaruvchisining o'zgarishi amalga oshishiga ketadigan o'rtacha vaqt oralig'ini tavsiflaydi.

Mediana lagq_{me} esa shunday vaqt oralig'iki, unda t vaqtidan boshlab X_t omilining ta'sirining yarmi Y_t o'zgaruvchisining o'zgarishiga sabab bo'ladi. Bunga quyidagi tenglik mos keladi:

$$q_{me} = \sum_{j=1}^{q_{me}-1} \tilde{\beta}_j = 0.5$$

bu yerda $\tilde{\beta}_j$ nisbiy koeffitsiyentlar bo'lib, ularning yig'indisi 0.5 ga teng bo'ladigan eng kichik q_{me} qiymati mediana lag hisoblanadi.

6.6-§. Kechikishlarning geometrik (Koyk) modeli. Laglarning ratsional taqsimot modeli. Yagona ildiz mezoni

Modelda ta'sir ko'rsatuvchi o'zgaruvchilarning lagli qiymatlari oldidagi koeffitsiyentlar geometrik progressiya bo'yicha kamayadi degan faraz qilinadi:

$$y_t = \delta + \beta x_t + \beta\lambda x_{t-1} + \beta\lambda^2 x_{t-2} + \ldots + \varepsilon_t, \quad t = \overline{1,n}$$

bu yerda λ – geometrik progressiyaning maxraji bo'lib, $0<\lambda<1$ shartga ega.

Ushbu modelda atigi uchta parametr mavjud: δ, β va λ. Biroq, ularni baholash modelning chiziqli emasligi sababli murakkablashadi. Buni quyidagicha amalga oshirish mumkin: 0 dan 1 gacha bo'lgan oraliqda ma'lum bir qadam bilan λ ning mumkin bo'lgan barcha qiymatlari tanlanadi va har bir λ qiymati uchun δ va β ning eng kichik kvadratlar usuli bilan baholari topiladi. Qoldiqlar kvadratlari yig'indisi eng kichik bo'lgan λ qiymati tanlanadi.

Berilgan

$$y_t = \delta + \beta x_t + \beta\lambda x_{t-1} + \beta\lambda^2 x_{t-2} + \ldots + \varepsilon_t, \quad t = \overline{1,n}$$

ko'rinishdagi tenglamani quyidagi ko'rinishga o'zgartirish mumkin:

$$y_t = \delta(1-\lambda) + \beta x_t + (1-\lambda) y_{t-1} + u_t,$$
$$u_t = \varepsilon_t - \lambda\varepsilon_{t-1}.$$

Modeldagi barcha kechiktirilgan x_{t-i} o'zgaruvchilarining umumiy ta'siri (uzoq muddatli multiplikator) quyidagi ifoda bilan hisoblanadi:

$$\sum_{k=0}^{\infty} \beta\lambda^k = \frac{\beta}{1-\lambda}.$$

O'rtacha lag quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$\bar{q} = \frac{\lambda}{1-\lambda}$$

Agar λ=0,5 bo'lsa, $\bar{q} = 1$ ga teng. Agar λ<0,5 bo'lsa, u holda $\bar{q} < 1$ bo'ladi, ya'ni ta'sir etuvchi omilning natijaviy omilga ta'siri o'rtacha hisobda bir davrdan kamroq vaqtni egallaydi.

$(1-\lambda)$ miqdor odatda tezlik deb talqin qilinadi, ya'ni x_t ta'sir etuvchi omilning o'zgarishiga natijaviy y_t omilning moslashishi (adaptatsiyasi) shu tezlik bilan amalga oshiriladi.

Koyk modelida medianali lag esa quyidagi formula bilan topiladi:

$$q_{me} = \frac{\ln 0.5}{\ln \lambda}$$

6.7-§. Soxta regressiya. Kointegratsiya va xatolarni tuzatish modellari

Faraz qilaylik,

$$ADL(1,1)\, y_t = \delta + \beta_0 x_t + \beta_1 x_{t-1} + \alpha_0 y_{t-1} + \varepsilon_t, \;\; t = \overline{1,n}$$

model statsionar holatda bo‘lsin:

$$y_t = y_{t-1} = y^*; \;\; x_t = x_{t-1} = x^*$$

Bu holda modelni quyidagi ko‘rinishda yozish mumkin:

$$(1-\alpha_1)\cdot y^* = \delta + (\beta_0 + \beta_1)\cdot x^*$$

yoki

$$y^* = \frac{\delta}{1-\alpha_1} + \frac{\beta_0 + \beta_1}{1-\alpha_1}\cdot x^*$$

$y_t = \delta + \beta_0 x_t + \beta_1 x_{t-1} + \alpha_0 y_{t-1} + \varepsilon_t, \;\; t = \overline{1,n}$ modelida yuqoridagi y^* ifodasini hisobga olib, o‘zgaruvchilarni $y_t = y_{t-1} + \Delta y_t; \;\; x_t = x_{t-1} + \Delta x_t$ almashtirishlarini qo‘llaymiz. Natijada quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$\Delta y_t = \beta_0 \Delta x_t - (1-\alpha_1)\cdot\left(y_{t-1} - \frac{\delta}{1-\alpha_1} + \frac{\beta_0 + \beta_1}{1-\alpha_1}\cdot x_{t-1}\right) + \varepsilon_t$$

Ushbu model xatolarni to‘g‘rilash (korreksiya qilish) modeli deb ataladi. Tenglamadan ko‘rinadiki, y_t ning joriy davrdagi o‘zgarishi ikkita tarkibiy qismdan iborat. Birinchisi, Δx_t omil o‘zgaruvchisining joriy o‘zgarishiga proporsional; ikkinchisi esa, quyidagi tenglama bilan aniqlanadigan muvozanat holatiga nisbatan oldingi davrdagi bog‘liq o‘zgaruvchi qiymatlarining chetlanishlarini qisman tuzatishni ifodalaydi:

$$y' = \frac{\delta}{1-\alpha_1} + \frac{\beta_0 + \beta_1}{1-\alpha_1}\cdot x'$$

Tenglamaning koeffitsiyentlari

$$\Delta y_t = \beta_0 \Delta x_t - (1-\alpha_1)\cdot\left(y_{t-1} - \frac{\delta}{1-\alpha_1} + \frac{\beta_0 + \beta_1}{1-\alpha_1}\cdot x_{t-1}\right) + \varepsilon_t$$

oddiy eng kichik kvadratlar usuli (EKKU) yordamida aniqlanadi.

Iqtisodiy jarayonlarni o‘rganishda ko‘pincha shunday holatlarni modellashtirish talab etiladi, bunda natijaviy o‘zgaruvchining joriy qiymatlari bir qator omillarning oldingi vaqt momentlaridagi ta’siri natijasida shakllanadi. Misol uchun, kompaniyaning joriy davrdagi savdo tushumi yoki foydasi, kompaniya tomonidan oldingi davrlarda reklamaga qilgan xarajatlari yoki o‘tkazilgan marketing tadqiqotlari ta’sirida belgilanishi mumkin.

Makro va mikrodarajada iqtisodiy siyosatni ishlab chiqish teskari turdagi masalalarni yechishni talab qiladi, ya’ni boshqariladigan o‘zgaruvchilarning joriy qiymatlari iqtisodiy ko‘rsatkichlarning kelajakdagi qiymatlariga qanday ta’sir ko‘rsatishini aniqlash zarur bo‘ladi.

Yuqorida ko‘rib chiqilgan jarayonlarni ekonometrik modellashtirish, omil o‘zgaruvchilarning nafaqat joriy, balki kechiktirilgan (lagli) qiymatlarini ham o‘z ichiga olgan modellardan foydalanish orqali amalga oshiriladi.

6.8-§. Vaqtli qatorlar uchun avtoregressiya (AR)

Agar vaqt seriyasida trend va davriy tebranishlar mavjud bo‘lsa, qatorning har bir keyingi darajasining qiymatlari avvalgi darajalarning qiymatlariga bog‘liq bo‘ladi.

Vaqt seriyasining ketma-ket darajalari orasidagi korrelyatsion bog‘liqlik seriya darajalarining avtokorrelyatsiyasi deb ataladi.

Avtokorrelyatsiya miqdori ma’lum bir qadamga siljigan (lag) asl vaqt seriyasi darajalari bilan shu seriya darajalari o‘rtasidagi korrelyatsiya koeffitsiyenti orqali aniqlanadi.

Birinchi tartibli avtokorrelyatsiya koeffitsiyenti y_t va y_{t-1} seriyasining qo‘shni darajalari orasidagi bog‘lanish darajasini tavsiflaydi va maxsus formula bo‘yicha hisoblanadi.

$$r_1 = \frac{\sum_{t=2}^{n}(y_t - \bar{y}_1)(y_{t-1} - \bar{y}_2)}{\sqrt{\sum_{t=2}^{n}(y_t - \bar{y}_1)^2 \sum_{t=2}^{n}(y_{t-1} - \bar{y}_2)^2}}$$

bu yerda: $\bar{y}_1 = \frac{\sum_{t=2}^{n} y_t}{n-1}, \bar{y}_2 = \frac{\sum_{t=2}^{n} y_{t-1}}{n-1}$

Ikkinchi tartibli avtokorrelyatsiya koeffitsienti y_t va y_{t-2} darajalari orasidagi bog‘lanishning mustahkamligini tavsiflaydi va quyidagi formula bo‘yicha hisoblanadi:

$$r_2 = \frac{\sum_{t=3}^{n}(y_t - \bar{y}_3)(y_{t-2} - \bar{y}_4)}{\sqrt{\sum_{t=3}^{n}(y_t - \bar{y}_3)^2 \sum_{t=3}^{n}(y_{t-2} - \bar{y}_4)^2}}$$

bu yerda: $\bar{y}_3 = \frac{\sum_{t=3}^{n} y_t}{n-2}, \bar{y}_4 = \frac{\sum_{t=3}^{n} y_{t-2}}{n-2}$

Yuqori tartibli avtokorrelyatsiya koeffitsientlari ham xuddi shu tamoyil asosida aniqlanadi.

$$r_2 = \frac{\sum_{t=r+1}^{n}(y_t - \bar{y}_{1r})(y_{t-r} - \bar{y}_{2r})}{\sqrt{\sum_{t=r+1}^{n}(y_t - \bar{y}_{1r})^2 \sum_{t=r+1}^{n}(y_{t-r} - \bar{y}_{2r})^2}}$$

bu yerda: $\bar{y}_{1r} = \frac{\sum_{t=3}^{n} y_t}{n-2}, \bar{y}_{2r} = \frac{\sum_{t=3}^{n} y_{t-r}}{n-2}$

r qiymati lag (kechikish) deb ataladi va avtokorrelyatsiya koeffitsiyentining tartibini belgilaydi.

Avtokorrelyatsiya koeffitsiyentlari qatorning joriy va oldingi darajalari orasidagi chiziqli bog‘lanishning mustahkamligini tavsiflaydi. Avtokorrelyatsiya koeffitsiyentining ishorasiga qarab, ketma-ketlik darajalarida o‘sish yoki kamayish tendentsiyasi haqida xulosa chiqarish mumkin emas.

Qator darajalarining avtokorrelyatsiya koeffitsiyentlari ketma-ketligi vaqt qatorining avtokorrelyatsiya funksiyasi deb ataladi. Uning qiymatlarining kechikish miqdoriga bog‘liqligini ko‘rsatuvchi grafik korrelogramma deyiladi.

Avtokorrelyatsiya funksiyasi va korrelogramma tahlili vaqt qatorlari tarkibida trend va davriy komponentlarning mavjudligini aniqlash imkonini beradi.

Agar birinchi tartibli avtokorrelyatsiya koeffitsiyenti eng yuqori bo‘lsa, o‘rganilayotgan qator faqat trendni o‘z ichiga oladi.

Agar τ tartibli avtokorrelyatsiya koeffitsiyenti eng yuqori bo‘lsa, qator τ davriga ega bo‘lgan tebranishlarni o‘z ichiga oladi.

Agar barcha avtokorrelyatsiya koeffitsiyentlari ahamiyatsiz bo‘lib chiqsa, u holda ketma-ketlikda trend va davriy tebranishlar mavjud emas yoki qator kuchli chiziqli bo‘lmagan tendentsiyani o‘z ichiga oladi.

6.9-§. Siljigan o‘rtachali avtoregressiya (ARMA) jarayoni

Avvalroq biz statsionarlik tushunchasi va birlik ildizlarni aniqlash uchun turli xil testlarni ko‘rib chiqdik. Endi biz stasionar vaqt qatorlari uchun qo‘llaniladigan turli modellarning turlarini o‘rganamiz. Bunday modellarning birinchi sinfi ARMA modellari deb ataladi.

Keling, ushbu jarayonning turli komponentlarini ko‘rib chiqaylik. Birinchi qism – bu avto regressiya jarayoni (AR). Rasmiy ravishda u quyidagicha ifodalanadi:

$$y_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{p} \alpha_i y_{t-i} + \varepsilon_t \qquad (6.1)$$

Doimiy had modeldagi ekzogen parametr hisoblanadi. p soni modeldan avtoregressiya (avtokorrelyatsiya)ni olib tashlash uchun tanlanadi va model AR(p) deb nomlanadi. Ushbu modeldagi xatolik hadlari “oq shovqin’’ bo‘lishi kerak (o‘rtacha qiymati nolga teng, dispersiya doimiy va avtokorrelyatsiya mavjud emas).

ARMA modelining ikkinchi qismi – bu ko‘chma o‘rtacha jarayoni (MA):

$$y_t = \sum_{j=0}^{q} \beta_j \varepsilon_{t-j} \qquad (6.2)$$

Bu jarayonda doimiy had mavjud emas. q soni ham o‘zgaruvchan bo‘lib, avtokorrelyatsiya mavjud bo‘lmagan holatga mos tanlanadi. Shuningdek, birinchi koeffitsient β_0 odatda birlik sifatida normallashtiriladi.

ARMA modeli yuqorida keltirilgan jarayonlarning kombinatsiyasi bo‘lib, p va q tartiblarga ega:

$$y_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{p} \alpha_i y_{t-i} + \sum_{j=0}^{q} \beta_j \varepsilon_{t-j} \qquad (6.3)$$

Bu ARMA(p, q) modelidir. P va q raqamlari bir-biridan farq qilishi yoki mos kelishi mumkin. Masalan, ARMA(6.2, 6.3) ni quyidagicha yozishimiz mumkin:

$$y_t = \alpha_0 + \alpha_1 y_{t-1} + \alpha_2 y_{t-2} + \alpha_3 y_{t-3} + \varepsilon_t + \beta_1 \varepsilon_{t-1} + \beta_2 \varepsilon_{t-2}$$

Biz modelni hech qanday o‘zgartirishsiz, dastlabki ma’lumotlar uchun taqdim etdik. Ammo ma’lumki, ko‘pincha vaqt qatorlari darajalarda statsionar bo‘lmaydi. Natijada, statsionarlikni erishish uchun qatorlarni o‘zgartirish kerak. Agar chekli ayirmadan foydalanib va shu yo‘l bilan yaratilgan yangi qator uchun ARMA quradigan bo‘lsak, ARIMA(p, κ, q) modeliga ega bo‘lamiz. “I” elementi integratsiya tartibini aks ettiradi. Umuman olganda, agar diapazon boshlang‘ich qatordan k farq sifatida yaratilgan bo‘lsa, u k tartibi bilan integrallanadi. Misol uchun:

$$\Delta y_t = y_t - y_{t-1} \sim I$$
$$\Delta^2 y_t = \Delta y_t - \Delta y_{t-1} \sim I$$
$$\dots$$
$$\Delta^k y_t = \Delta^{k-1} y_t - \Delta^{k-1} y_{t-1} \sim I(k)$$

ARIMA(6.3, 6.1, 6.2) modelini keltiraylik:

$$\Delta y_t = \alpha_0 + \alpha_1 \Delta y_{t-1} + \alpha_2 \Delta y_{t-2} + \alpha_3 \Delta y_{t-3} + \varepsilon_t + \beta_1 \varepsilon_{t-1} + \beta_2 \varepsilon_{t-2}.$$

ARMA modellari uchun barqarorlik shartini keltirish mumkin:

$$\left| \sum_{i=1}^{p} \alpha_i \right| < 1$$

Agar baholash jarayoni statsionarlikka erishishdan oldin boshlansa, bu shart bajarilmaydi. Agar barqarorlik sharti buzilsa, jarayon yaqinlashmaydi (konvergensiya sodir bo‘lmaydi). Bunday holatda model koeffitsientlari uchun yaxshi baholovchilarni topa olmaymiz va prognozlar tuzish imkoniyatiga ega bo‘lmaymiz. Shuningdek, gipotezalarni tekshirish uchun standart usullarni qo‘llash ham mumkin

emas. Agar shart tenglik sifatida bajarilsa, jarayonda birlik ildiz (unit root) mavjud bo‘ladi.

ARMA jarayoni haqida gapirganda, xatolik hadining dispersiyasi haqida ham aytib o‘tish zarur. Model dispersiya doimiy bo‘lishini va vaqtga bog‘liq emasligini faraz qiladi. Boshqacha aytganda, shartli dispersiya shartsiz dispersiyaga teng bo‘lishi kerak. Agar bu shart bajarilsa, modelda hech qanday muammo bo‘lmaydi. Ammo agar bu faraz buzilsa, dispersiyadagi jarayonlarni baholash uchun maxsus model qo‘llash kerak bo‘ladi. Bunday modellarning sinfi quyida muhokama qilinadi.

ARMA modellari baholanishi odatda Box–Jenkins metodologiyasiga asoslanadi. Bu jarayon bir nechta bosqichlardan iborat:

1. Qator statsionar bo‘lishi kerak:
   – Birlik ildiz (unit root) testlari o‘tkaziladi;
   – Agar qator statsionar bo‘lmasa, turli transformatsiyalar (trendni olib tashlash yoki differensiyalash) qo‘llanadi va statsionarlikka erishilgunga qadar test qayta o‘tkaziladi;
2. Avtokorrelyatsiya va qisman avtokorrelyatsiya funksiyalari baholanadi hamda AR va MA jarayonlari uchun mos laglar tanlanadi;
3. Ikkinchi bosqichda tanlangan modellarning baholanishi amalga oshiriladi. Xatolik hadida avtokorrelyatsiya bo‘lmasligi kerak. Agar modelda avtokorrelyatsiya mavjud bo‘lsa, u tahlildan chiqarib tashlanadi;
4. Eng yaxshi model barcha mos variantlar ichidan ma’lumot mezonlari (information criteria)ning minimal qiymatlari asosida tanlanadi.

Birinchi bosqich avvalroq o‘rganilgan edi. Endi biz avtokorrelyatsiya (ACF) va qisman avtokorrelyatsiya (PACF) funksiyalarini aniqlashimiz kerak. ACF bizga MA laglarini (q sonini) aniqlash imkonini beradi. Rasmiy ravishda ACF quyidagicha ko‘rinishga ega:

$$\rho_s = \frac{Cov(y_t, y_{t-s})}{Var(y_t)} \tag{6.5}$$

Ushbu funksiya y_t va y_{t-s} orasida joylashgan barcha elementlar o‘rtasidagi korrelyatsiyani o‘z ichiga oladi.

AR kechikishlari (p soni) QAF funksiyasi asosida taxmin qilinishi mumkin. Funksiya quyidagi elementlarni o‘z ichiga oladi:

$$\rho_s = Cov(y_t, y_{t-s}) \tag{6.6}$$

Bu yerda qo‘shimcha kovariatsiya mavjud emas, chunki ushbu funksiya faqat ikkita element o‘rtasidagi bog‘liqlikni hisobga oladi.

Avtokorrelyatsiyani aniqlash uchun maxsus testlardan ham foydalanish mumkin. Masalan, Box–Pierce Q-testidan foydalanish mumkin. Nol va muqobil gipotezalar quyidagicha ko‘rinadi:

$$H_0 : \rho_i = 0 \ \forall \ i = 1,...,k,$$
$$H_1 : \exists i \rho_i \neq 0, \ i = 1,...,k.$$

Bu holda ρ_i ACF elementidir. Nol gipoteza shuni bildiradiki, avtokorrelyatsiya mavjud emas. Muqobil gipoteza esa avtokorrelyatsiyaning mavjudligini bildiradi. Test statistikasi quyidagicha hisoblanadi:

$$Q = T \sum_{i=1}^{k} \hat{\rho}_i^2 \sim \chi^2(k) \tag{6.7}$$

Agar kuzatilgan qiymat kritik qiymatdan katta bo‘lsa, nol gipoteza rad etilishi kerak. Shunda biz lag k bo‘yicha avtokorrelyatsiya mavjudligini aytishimiz mumkin.

Yana bir test — Ljung-Box Q-testi. Gipotezalar va rad etish qoidasi bir xil, lekin bu test bizga namuna hajmini nazorat qilish imkonini beradi. Statistikalar quyidagicha ko‘rinishda bo‘ladi:

$$Q = T(T+2) \sum_{i=1}^{k} \frac{\hat{\rho}_i^2}{T-i} \sim \chi^2(k) \tag{6.8}$$

Shuni ta’kidlash lozimki, ARMA modellari EKKU bilan baholanmaydi. Bu yerda stabillik sharti mavjudligi sababli, konvergentsiya bilan ishlaydigan maxsus usullar qo‘llanilishi kerak. Bu — iteratsion usullar bo‘lib, ular maxsus funksiyalar (masalan, ehtimollik funksiyalari) bilan ishlaydi. Masalan, ARMA jarayonlarini baholash uchun Nyuton yondashuvi chekli ayirmalar usulidan foydalanish

mumkin. Ushbu usullar amaliy statistika paketlarida avtomatik tarzda amalga oshiriladi.

ARMA va ARIMA modellari ma'lumotlarning umumiy dinamikasini tasvirlash va prognoz qilish uchun ishlatilishi mumkin. Biroq, xatoliklarda doimiy dispersiya mavjudligi haqidagi taxmin buzilgan hollarda boshqa modellar qo'llaniladi. Keyingi bosqichlarda biz ularning identifikatsiyasi va baholanishini o'rganamiz.

6.10-§. Avtoregressiya jarayoni

Dinamik qatorlarni tahlil qilishda darajalarning tebranishi ikki yo'sinda talqin qilinishi mumkin. Birinchidan, ular tadqiq qilinayotgan jarayon yoki hodisaning rivojlanish qonuniyatlarini namoyon qilishiga xalaqit beruvchi "tasodifiy to'siqlar" yoki "axborot shovqinlari" sifatida ko'rilishi mumkin.

Shu sababli darajalarni "tozalash", ya'ni tasodifiy to'siqlarni dinamikaning ikkinchi darajali jihatlari sifatida bartaraf etish yoki hech bo'lmaganda ularning ta'sirini susaytirish yo'llarini topish va ilmiy asoslash zarurati paydo bo'ladi. Bu masala yuqorida bayon qilingan trendni hisoblash usullarining asosiy mohiyatini va poydevorini tashkil etadi.

Ikkinchi tomondan, dinamik qatorlarni tahlil qilish jarayonida darajalarning o'zaro tebranishlarini o'rganish, statistik tekshirish predmeti sifatida qarash ham muhim ahamiyatga ega.

Haqiqiy qator darajalari bilan vaqt bo'yicha bir yoki bir necha davrga surilgan (kechiktirilgan) darajalar o'rtasidagi korrelyatsiya avtokorrelyatsiya deb ataladi.

Avtokorrelyatsiya – bu dinamik qatordagi ketma-ket qiymatlar o'rtasidagi bog'lanishdir.

Shunday qilib, "asosiy" omillar soni cheksiz o'zgarishi mumkin. Bunday masalalarni yechish bir omilli modeldan ko'p omillilik sari o'tishni talab qiladi. Biroq, bu ham funksiyaga asosiy omillardan tashqari juda ko'p sonli ikkinchi darajali omillar ta'sir etishi sababli hisob-kitoblarda xatolar bo'lish ehtimolini inkor etmaydi.

Ko‘pincha ularning ta‘siri sezilmas va qarama-qarshi xarakterga ega. Ushbu omillarning barcha ta‘siri, ham ijobiy ham salbiy qiymatlarni qabul qiluvchi “U” tasodifiy o‘zgaruvchi orqali baholanadi. Chiziqli bog‘lanish quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi:

$$Y = f(X_i, U) \text{ yoki } Y = f(X_1, X_2, ..., X_n, U)$$

“U” o‘zgaruvchi quyidagi stoxastik xususiyatlarga ega bo‘lgan xato sifatida namoyon bo‘ladi:

- ehtimollik normal taqsimotga ega bo‘ladi;
- nolga teng o‘rtacha qiymatga ega;
- chekli dispersiyaga ega;
- o‘lchash xatosi hisoblanadi.

Statistik ma’lumot yig‘ishda ko‘p hollarda parametrning haqiqiy qiymatlari o‘rniga yashirin xatoga ega bo‘lgan o‘lchovlar kiritiladi (ular ob’ektiv, sub’ektiv xarakterga ega bo‘lishi, o‘lchov hisoblarining noaniqligi, noaniq hujjat aylanishi, alohida o‘lchovlarning sub’ektiv baholanishi va boshqalar).

Yuqorida sanab o‘tilgan barcha kamchiliklar o‘lchash xatolarini tenglamalar xatolariga aylantirishiga olib keladi, ya’ni:

$$Y = a_0 + a_1 X + W$$
$$W = U + V$$

bu yerda W – umumiy xato; U – stoxastik (tasodifiy) tashqi ta'sir; V – o‘lchash xatosi.

Nisbatan sodda bog‘lanish deganda chiziqli bir omilli bog‘lanish yoki chiziqli ko‘p omilli model tushuniladi, bunda tasodifiy xato uchun quyidagi taxminlar qabul qilinadi: o‘rtacha qiymat nolga teng, dispersiya doimiy va asosiy omillarga bog‘liq emas, shuningdek tasodifiy xatolar o‘zaro bog‘liq emas.

Ko‘p omilli holatda: $Y = a_{0i} + a_{1i} X_i + U_i$ bo‘lsa, a_{0i} va a_{1i} koeffitsiyentlarni quyidagi shartlar asosida aniqlash mumkin:

$$E(U_i) = 0, \quad i \in N$$

$$E(U_i, U_j) = \begin{cases} 0, & agar\ i \neq j,\ i, j \in N \\ \sigma^2, & agar\ i = j,\ i, j \in N \end{cases}$$

Avtoregressiya – bu dinamik qatorning oldingi qiymatlarining keyingi qiymatlariga ta’sirini ifodalovchi regressiyadir.

Avtokorrelyatsiya xatosi qoldiq dispersiyani oddiy dispersiyaga bo‘lish orqali hisoblanadi, ya’ni:

$$\sigma = \frac{\sum (Y - \overline{Y}_x)^2}{\sum (Y - \overline{Y})^2}$$

Avtokorrelyatsiya – vaqt seriyasining keyingi va oldingi hadlari o‘rtasidagi korrelyatsion bog‘lanishdir.

Avtokorrelyatsiyaning mavjudligi seriya darajalarining o‘zaro bog‘liqligidan, ya’ni keyingi hadlarning oldingi hadlarga kuchli bog‘liqligidan dalolat beradi. Korrelyatsion tahlil usulini faqat har bir seriya darajasi statistik jihatdan mustaqil bo‘lgan hollarda qo‘llash mumkin, shuning uchun o‘rganilayotgan seriyalarda avtokorrelyatsiya mavjudligini aniqlash zarur.

6.11-§. ARCH va GARCH modellari

Yuqorida aytilganidek, standart ARMA modellari xatolikdagi dispersiya haqida ba’zi taxminlar bilan ishlaydi. Rasmiy ravishda bu quyidagicha yozilishi mumkin:

$$Var(\varepsilon_t) = Var(\varepsilon_{t-s}) = Var_t(\varepsilon_t) \forall t, s.$$

Bu shuni bildiradiki, xatolikdagi dispersiya doimiy bo‘lishi kerak va shartli (conditional) hamda shartsiz (unconditional) qiymatlar bir xil bo‘ladi. Biroq, bu taxmin har doim bajarilavermaydi. Agar u to‘g‘ri bo‘lmasa, modelni baholash jarayoni boshqa o‘zgartirishlarni talab qiladi. Natijada, shartli geteroskedastiklikni ifodalovchi avtokorrelyatsiyali modellari (ARCH) va umumlashtirilgan shartli geteroskedastiklik modellari (GARCH) qo‘llanilishi zarur bo‘ladi.

Keling, standart AR (6.1) jarayonini ko‘rib chiqaylik. Shartsiz va shartli o‘rtacha va dispersiyalarni hisoblash mumkin va bu qiymatlar har xil ekanligini ko‘rsatishimiz mumkin. AR(1) uchun shartli o‘rtacha va dispersiya quyidagicha bo‘ladi:

$$E_t(y_t) = E(y_t | y_{t-1}) = E(\alpha_0 + \alpha_1 y_{t-1} + \varepsilon_t) = \alpha_0 + \alpha_1 y_{t-1};$$

$$Var(\varepsilon_t) = E((y_t - Ey_t)^2 | y_{t-1}) = E((y_t - \alpha_0 - \alpha_1 y_{t-1})^2 | y_{t-1}) = E\varepsilon_t^2 = \sigma^2.$$

Xuddi shu jarayon uchun shartsiz qiymatlar quyidagicha bo‘ladi:

$$Var(y_t) = Var(\alpha_0 + \alpha_1 y_{t-1} + \varepsilon_t) = Var(\alpha_1 y_{t-1} + \varepsilon_t) = Var(\alpha_1 y_{t-1}) + \sigma^2 =$$

$$= \alpha_1^2 (Var(\alpha_1 y_{t-2} + \sigma^2) + \sigma^2 = \ldots = \frac{\sigma^2}{1-\alpha_1^2} = \text{const.}$$

So‘nggi tenglama shunday taxminga asoslangan: izohlovchi o‘zgaruvchilar xatolik bilan korrelyatsiyalashmagan (ya’ni endogenlik muammosi yo‘q). ARMA jarayonlari shartli gomoskedastiklik bilan ifodalanishi mumkin, lekin agar σ^2 doimiy bo‘lmasa, ya’ni shartli geteroskedastiklik mavjud bo‘lsa, ular bilan ishlay olmaydi. Bunday hollarda ARCH yoki GARCH modellari qo‘llanilishi kerak.

Endi ARCH va GARCH jarayonlarini ko‘rib chiqamiz. Aniqki, bu jarayonlarning ikkalasi ham xatoliklar dispersiyasi bilan bog‘liq. Aslida, xatoliklar uchun ARCH jarayoni dastlabki vaqt qatori uchun standart AR jarayonini eslatadi. Keling, AR(p)—ARCH(m) jarayoniga misol keltiraylik:

$$y_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{p} \alpha_i y_{i-1} + \varepsilon_t \tag{6.9}$$

$$\varepsilon_t = u_t \sqrt{\gamma_0 + \sum_{i=1}^{m} \gamma_i \varepsilon_t^2}, u_t \sim iid\ (0,1).$$

Kvadrat ildiz ostidagi ifoda model uchun shartli dispersiya hisoblanadi. m soni ham turli usullar va testlar yordamida tanlanishi lozim, bu quyida muhokama qilinadi.

Shuningdek, ildiz ostidagi qiymatlar manfiy bo‘lmasligi uchun shartlar ham quyidagicha ifodalanadi:

$$\gamma_0 > 0,\ \gamma_i \geq 0\ \forall i. \tag{6.10}$$

Stabillik sharti quyidagi ko‘rinishda ifodalanishi mumkin:

$$\sum_{i=1}^{m} \gamma_i < 1. \tag{6.11}$$

Agar bu shart buzilsa, jarayon va uning koeffitsiyentlarini to‘g‘ri baholash mumkin bo‘lmaydi. Bundan tashqari, model parametrlariga oid taxminlarimizni tekshirish uchun odatiy statistik testlardan foydalanish imkonsiz bo‘ladi.

Faqat AR(p)—ARCH(m) kombinatsiyasi emas, balki ARMA(p,q)—ARCH(m) kombinatsiyasi ham mavjud bo‘lishi mumkin.

Modelning umumiy ko‘rinishi xatolikdagi dispersiyaning tabiatiga bog‘liq.

GARCH jarayoni dastlabki vaqt qatori uchun MA jarayonini eslatadi. Rasmiy ravishda ARMA(p, q)—GARCH(m, n) jarayoni quyidagicha ifodalanadi:

$$y_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{p} \alpha_i y_{i-1} + \sum_{j=1}^{q} \beta_j \varepsilon_{t-j} + \varepsilon_t \tag{6.12}$$

$$\varepsilon_t = u_t \sqrt{\gamma_0 + \sum_{i=1}^{m} \gamma_i \varepsilon_t^2 + \sum_{j=1}^{n} \theta_j h_{t-j}}, u_t \sim iid\,(0,1).$$

$$h_t = \gamma_0 + \sum_{i=1}^{m} \gamma_i \varepsilon_t^2$$

Ildiz ostidagi qiymatlarning manfiy bo‘lmasligi shartlari avvalgidek qoladi.

Stabillik sharti esa quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi:

$$\sum_{i=1}^{m} \gamma_i + \sum_{j=1}^{n} \theta_j < 1. \tag{6.13}$$

Endi jarayonlarning rasmiy taqdimoti tushunarli bo‘ldi. Keyingi muhim qadam — modeldagi shartli heteroskedastiklikni aniqlash usullarini ko‘rsatishdir.

Avvalo, ARMA(p, q) modelini baholash lozim va shu model uchun xatoliklar (residuals) tekshiriladi. Keyin modeldan olingan residuallarni saqlash va ularning kvadratlarini hosil qilish zarur. Keyingi bosqichda biz residual kvadratlari qatori bilan ishlaymiz va barcha testlar aynan shu qator uchun amalga oshiriladi.

Shartli heteroskedastiklikni aniqlashning turli usullari mavjud bo‘lib, ularning barchasi xatoliklar va ularning korrelyatsiya munosabatlarini tahlil qilishga asoslangan.

Birinchi usul — ARMA(p, q) modelidan olingan residual qatorni hosil qilish, ularning kvadratlarini yaratish va yangi qator uchun barcha mumkin bo‘lgan lag sonlari n va m bilan Box–Jenkins protsedurasini takrorlash.

Ikkinchi usul — ACF va PACF funksiyalarini tahlil qilishni nazarda tutadi. Buning uchun Ljung–Box Q-testi va LM-testi ishlatilishi mumkin. Keling, birinchi testni ko‘rib chiqamiz.

Nol va muqobil gipotezalar quyidagi ko‘rinishda taqdim etiladi:

$H_0 : \rho_i = 0 \forall i = 1,...,k$ (ARCH/GARCH jarayonlari mavjud emas)

$H_1 : \exists i \rho_i \neq 0 \forall i = 1,...,k$ (ARCH/GARCH jarayonlari mavjud)

Ljung uchun statistika — Box Q-testi bir xil, ammo endi biz dastlabki ARMA modelidan qoldiqlarning kvadratlarida korrelyatsiyani baholashimiz kerak:

$$Q = T(T+2)\sum_{i=1}^{k}\frac{\hat{\rho}_i^2}{T-i} \sim \chi^2(k),$$

$$\hat{\rho} = \frac{\sum_{i=1}^{k}(e_t^2 - \sigma^2)(e_{t-i}^2 - \sigma^2)}{\sum_{i=1}^{k}(e_t^2 - \sigma^2)^2}, \qquad (6.14)$$

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{t=1}^{T} e_t^2}{T}$$

Bu holda e_t boshlang‘ich ARMA modelidan olingan residuallarni ifodalaydi. Agar kuzatilgan qiymat kritik qiymatdan katta bo‘lsa, nol gipotezani rad etishimiz kerak. Bu shuni anglatadiki, ARCH/GARCH jarayonlari modelda mavjud va ularni baholash zarur.

LM-testi faqat ARCH(m) jarayonlarini aniqlashga yordam beradi. ARCH(m) jarayoni mavjudligi haqidagi gipotezani sinash uchun, residual kvadratlari qatori uchun AR(m) modelini baholash kerak:

$$e_t^2 = \gamma_0 + \sum_{i=1}^{m}\gamma_i e_{t-i} + \varphi_t \qquad (6.15)$$

Nol va muqobil gipotezalar quyidagicha bo‘ladi:

$H_0 : \gamma_i = 0 \forall i = 1,...,m$ (ARCH(m) jarayoni mavjud emas);

$H_1 : \exists i \gamma_i \neq 0 \forall i = 1,...,m$ (ARCH(m) jarayoni mavjud).

Test statistikasi quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi:

$LM = TR^2 \sim \chi^2(m),$

R^2 qiymati e_t^2 uchun regressiyadan olinadi. Agar kuzatilgan qiymat kritik qiymatdan katta bo‘lsa, ARCH(m) jarayoni yo‘qligi haqidagi nol gipotezani rad etish kerak.

Agar ARCH jarayoni aniqlangan bo‘lsa, endi GARCH jarayonini aniqlash mumkin. Buning uchun LM-testi ham qo‘llaniladi.

Birinchi qadamda ilgari aniqlangan ARMA(p,q)—ARCH(m) modelini baholash talab etiladi. modelini baholash talab etiladi. Keyin ushbu modelning qoldiqlari (ayniqsa, ularning kvadratlari) bilan ishlanadi. Oldingi belgilardan chalkashib ketmaslik uchun bu o‘zgaruvchini l_t deb belgilaymiz. Quyidagi modelni Eng Kichik Kvadratlar usuli bilan baholash kerak:

$$\frac{l_t^2}{h_t} - 1 = \gamma_0 + \sum_{i=1}^{m} \gamma_i e_{t-i} + \varphi_t \qquad (6.16)$$

Tenglamaning chap tomonida joylashgan kasr standart qoldiqlar deb ataladi. h_t o‘zgaruvchisi yuqorida ko‘rsatilgan formula bo‘yicha hisoblanishi mumkin. Nol va muqobil gipotezalar quyidagicha bo‘ladi:

H_0: ARCH(m) model;

H_1: CARCH(m) model.

Statistika avvalgidek, regressiya natijasidan olingan R^2 qiymati yordamida hisoblanadi:

$$LM = TR^2 \sim \chi^2(m). \qquad (6.17)$$

Agar nol gipotezani rad etsak, bu GARCH jarayoni mavjudligini bildiradi.

Endi biz ARCH/GARCH modellarini baholash protsedurasini taqdim etishimiz mumkin:

1. Dastlabki ma’lumotlarda statsionarlik erishilishi kerak (turli o‘zgartirishlar va birlik ildiz testlaridan foydalanish kerak);
2. Mos ARMA modeli tanlanadi va baholanadi. Keyin modeldan qoldiqlar saqlanadi. Ushbu qoldiqlar kvadratlaridan yangi qator yaratiladi;
3. ARCH va GARCH jarayonlari turli testlar yordamida aniqlandi (Lyung-Boks testi, *LM*-testi va boshqalar);
4. Jarayon aniqlanganda, kechikishlar tanlanadi (m va n raqamlari). Buning uchun qoldiqlar kvadratlari uchun AKF va QAKF funksiyalari o‘rganilishi kerak (korrelogramdan foydalanish mumkin). m soni QAKF bilan, n esa AKF bo‘yicha tanlanishi kerak;

5. Keyin ARMA(p, q)--GARCH(m, n) modeli maksimal ehtimollikni baholash (MLE) usuli bilan baholanadi. GARCH qismidagi barcha koeffitsientlar uchun cheklovlar bajarilishi kerak:

$$\gamma_0 > 0, \ \ \gamma_i \geq 0.$$

$$\sum_{i=1}^{m} \gamma_i + \sum_{j=1}^{n} \theta_j < 1.$$

6. Baholashdan keyin modeldagi standart qoldiqlar saqlanishi kerak. Agar qoldiqlarda avtokorrelyatsiya bo‘lmasa, model yaxshi hisoblanadi. Buni *LM*-test, *Q*-testlar va boshqalar yordamida tekshirish mumkin. Ba’zida jarayondan avtokorrelyatsiyani olib tashlash uchun ARMA modeliga qo‘shimcha kechikishlar qo‘shish talab etiladi.

ARCH/GARCH modellarining turli modifikatsiyalari mavjud. Masalan, integrallangan GARCH (I-GARCH) jarayoni amalga oshirilishi mumkin. Uning asosiy xususiyati:

$$\sum_{i=1}^{m} \gamma_i + \sum_{j=1}^{n} \theta_j = 1. \qquad (6.18)$$

Bu shuni anglatadiki, jarayon nostatsionar bo‘lishi mumkin va u uzoq davom etuvchi dispersiyani tavsiflaydi. Shuningdek, bunday jarayonning cheksiz dispersiyaga ega bo‘lish ehtimoli ham mavjud. Bunday holatda tanlov bo‘yicha dispersiya aniqlanmaydi va jarayon biror aniq songa yaqinlashmaydi (ya’ni konvergentsiya sodir bo‘lmaydi).

Yana bir misol - o‘rtachadagi GARCH (GARCH-M) modelidir. Bu holda shartli dispersiya ARMA qismida regressor sifatida ishlatiladi. AR(2)–GARCH(1)-M jarayoni uchun misol:

$$y_t = \alpha_0 + \alpha_1 y_{t-1} + \alpha_2 y_{t-2} + \mu h_t + \varepsilon_t$$

$$\sqrt{h_t} = \sqrt{\gamma_0 + \gamma_1 e_{t-1}^2} \qquad (6.19)$$

GARCH modellarining boshqa turlari mavjud. Masalan, chegara (TGARCH) modeli salbiy va ijobiy zarbalarni ajratishga imkon beradi. Eksponensial GARCH (EGARCH) modeli esa moliyaviy sohada keng qo‘llaniladi va hokazo.

Umuman olganda, ARCH/GARCH modellari shartli geteroskedastiklik kuzatiladigan yuqori chastotali ma’lumotlar uchun qo‘llaniladi. Ushbu turdagi modellar moliyaviy sohada juda mashhur,

chunki bu yerda kuzatiladigan ma'lumotlar dinamikasini oddiy ARMA modellari bilan to'liq tasvirlab bo'lmaydi. Shuning uchun ARCH/GARCH modellari turli tadqiqotlar, ayniqsa yuqori chastotali ma'lumotlarni o'rganishda, juda foydalidir.

Shunday qilib, biz statsionar vaqt seriyalari uchun modellarni ko'rib chiqdik. Ammo barcha keltirilgan jarayonlar faqat bitta o'zgaruvchi dinamikasida ishlaydi. Ko'pincha turli makroiqtisodiy qatorlarni birgalikda tahlil qilish va bitta o'zgaruvchining boshqa o'zgaruvchidagi o'zgarishlarga reaktsiyasini kuzatish talab etiladi. Buning uchun intervensiya tahlili qo'llaniladi. Keyingi bosqichda biz makroiqtisod uchun amaliy ekonometrikaning ushbu sohasidagi asosiy tushunchalar va modellarni o'rganamiz.

Nazorat uchun savollar

1. Statsionar va statsionar bo'lmagan vaqt seriyalari farqini tushuntiring. Qaysi modellar statsionar seriyalar uchun qo'llaniladi?
2. AR(p), MA(q) va ARMA(p,q) modellarining matematik ifodalarini yozing va ularning farqlarini tushuntiring.
3. Qanday qilib ARMA modelining p va q tartiblarini aniqlash mumkin? ACF va PACF korrelogrammalaridan qanday foydalaniladi?
4. Geteroskedastiklik tushunchasini tushuntiring. Vaqt seriyalarda geteroskedastiklik qanday namoyon bo'ladi?
5. ARCH(q) modelining asosiy g'oyasi nimadan iborat? Matematik ifodasini yozing va shartlarini tushuntiring.
6. ARCH modelining cheklovlari qanday? Nima uchun GARCH modeli kiritilgan?
7. GARCH(p,q) modelini ARCH modelidan farqli jihatlari bilan ifodalang. GARCH(1,1) modelini alohida tushuntiring.

VII BOB. DINAMIK EKONOMETRIK MODELLAR VA PROGNOZLAR

7.1-§. Taqsimlangan lagli modellar parametrlarini aniqlash

Taqsimlangan kechikmali model — bu vaqt dinamik ekonometrik model bo‘lib, unda omil o‘zgaruvchilarning hozirgi va lagli (kechikkan) qiymatlari modellashtiriladi. Taqsimlangan lagli modelga quyidagi tenglama xarakterli misoldir:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 x_t + \beta_2 x_{t-1} + ... + \beta_L x_{t-L} + \varepsilon_t$$

Taqsimlangan lagli modellar x omilidagi o‘zgarishning y natija o‘zgaruvchisiga bo‘lgan ta’sirini, xususan, t vaqtidagi x o‘zgarishining y ning qiymatiga keyingi L davrlar mobaynida qanday ta’sir qilishini aniqlash imkoniyatini beradi.

β_1 regressiya parametri qisqa muddatli multiplikator deb nomlanadi. U x omilining lag qiymatlari ta’sirini hisobga olmagan holda, t vaqtida x_t ning bir birlik o‘zgarishi y_t ning o‘rtacha mutlaq o‘zgarishini qanday o‘zgartirishini ko‘rsatadi.

β_2 parametri esa $t-1$ vaqtidagi x_t ning bir birlik o‘zgarishi y_t ning o‘rtacha mutlaq o‘zgarishiga bo‘lgan ta’sirini ifodalaydi.

β_1 va β_2 parametrlarining yig‘indisi $(\beta_1 + \beta_2)$ oraliq multiplikator deb ataladi. Bu x_t o‘zgaruvchisining y ga $t+1$ vaqtigacha bo‘lgan umumiy ta’sirini anglatadi. Ya’ni, x ning t vaqtida bir birlik o‘zgarishi y ning t vaqtida β_1 birlik va $t+1$ vaqtida β_2 birlik o‘zgarishiga sabab bo‘lishini ko‘rsatadi.

β parametrlarining yig‘indisi, ya’ni $\beta = \beta_1 + \beta_2 + ... + \beta_p$, uzoq muddatli multiplikator deb nomlanadi. Bu ko‘rsatkich t vaqtida x omilida bir birlik o‘zgarish sodir bo‘lganda, $(t+L)$ vaqtigacha bo‘lgan davrda y natijaviy o‘zgaruvchisiga ko‘rsatilgan umumiy ta’sir miqdorini ifodalaydi.

O‘rtacha lag – bu t vaqtida x omilidagi o‘zgarish ta’sirida y natijaviy o‘zgaruvchisining o‘zgarishi amalga oshadigan o‘rtacha vaqt oralig‘idir. U quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$\overline{L} = \sum_{i=0}^{L} i \cdot \frac{\beta_i}{\beta}$$

Agar o‘rtacha lag qiymati kichik bo‘lsa, y natijaviy o‘zgaruvchi x dagı o‘zgarishga tez reaktsiya qiladi. Agar o‘rtacha lag katta bo‘lsa, x omilining y ga ta’sir etishi sekin ro‘y beradi.

Mediana lag – bu shunday vaqt oralig‘iki, unda x omilidagi o‘zgarish boshlangandan so‘ng, uning umumiy ta’sirining yarmi y natijaviy o‘zgaruvchiga yetguncha bo‘lgan davrni anglatadi.

Taqsimlangan kechikmali modellarda noma’lum parametrlarni baholash quyidagi omillar tufayli eng kichik kvadratlar usulini qo‘llashga to‘g‘ri kelmaydi:

1. Oddiy chiziqli regressiya modelining asosiy sharti buziladi, chunki omil o‘zgaruvchining hozirgi va kechikkan qiymatlari o‘rtasida kuchli bog‘liqlik mavjud;
2. Kechikish davri L ning katta qiymatlarida regressiya modeli qurish uchun mo‘ljallangan kuzatuvlar soni kamayadi, ta’sir ko‘rsatuvchi omillar soni esa ortadi, bu esa modelda erkinlik darajalari sonining keskin kamayishiga olib keladi;
3. Bunday modellarda qoldiqlarning o‘zaro korrelyatsiyasi muammosi yuzaga keladi.

Ushbu sabablar regressiya koeffitsiyentlari baholarining ishonchsiz bo‘lishiga olib keladi, ya’ni model spesifikatsiyasi o‘zgarganda uning parametrlari sezilarli darajada o‘zgaradi, aniqlik va samaradorlik yo‘qoladi.

Amaliyotda taqsimlangan kechikmali modellar parametrlarini baholash uchun maxsus usullar, xususan Almon usuli va Koyk usuli qo‘llaniladi.

Vaqt bo‘yicha laglar strukturasini aniqlashda uchraydigan asosiy murakkablik – bu β_i koeffitsiyentlarning qiymatlarini aniqlash bilan bog‘liq.

7.2-§. Almon usuli

Almon yondashuvi yoki Almon laglari usuli L lagning yakuniy miqdori hamda laglarning polinomial shaklga ega bo‘lishini talab qiluvchi taqsimlangan lagli modellarni ifodalashda qo‘llaniladi.
Quyidagi modeldan foydalaniladi:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 x_t + \beta_2 x_{t-1} + \ldots + \beta_L x_{t-L} + \varepsilon_t \qquad (7.1)$$

Laglarning tuzilishi L qiymatiga qarab omillar ta’sirining vaqt bo‘yicha o‘zgarishi grafik orqali baholanadi.

Almon usulining mohiyati shundan iboratki:

1. Omilning turli davrlardagi ta’sirini aks ettiruvchi β_i koeffitsiyentlar lag tartibiga bog‘liq holda polinomial funksiyalar orqali yaqinlashtiriladi. Masalan:

a) birinchi darajali polinom: $\beta_i = c_0 + c_1 \cdot i$;

b) ikkinchi darajali polinom: $\beta_i = c_0 + c_1 \cdot i + c_2 \cdot i^2$;

c) uchinchi darajali polinom: $\beta_i = c_0 + c_1 \cdot i + c_2 \cdot i^2 + c_3 \cdot i^3$;

d) yoki umumiy holda p darajali polinom:

$$\beta_i = c_0 + c_1 \cdot i + c_2 \cdot i^2 + c_3 \cdot i^3 + \ldots + c_p \cdot i^p;$$

Almon tadqiqotlarida ko‘p hollarda bevosita β_i koeffitsientlarini aniqlashdan ko‘ra, $c_i, i = \overline{0,P}$ koeffitsientlarini baholash ancha qulay ekanligini ko‘rsatib bergan. β_i koeffitsientlarini aniqlashning ushbu yondashuvi polinomial yaqinlashtirish (approksimatsiya) deb ataladi.

Shu bois $F(v_1, v_2, \ldots, v_n) = P\{X_1 < v_1, X_2 < v_2, \ldots, X_n < v_n\}$ tenglamadagi har bir koeffitsientni quyidagi ko‘rinishda ifodalash mumkin bo‘ladi.

$$\beta_1 = c_0;$$

$$\beta_2 = c_0 + c_1 + \ldots + c_p;$$

$$\beta_3 = c_0 + 2c_1 + \ldots + 2^p c_p;$$

$$\beta_4 = c_0 + 3c_1 + \ldots + 3^p c_p;$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$\beta_p = c_0 + Lc_1 + \ldots + L^p c_p;$$

β_i koeffitsientlar uchun olingan nisbatlarni $y_i = y_i + e_i$ modelga qo‘yamiz

$$y_t = \beta_0 + c_0 x_t + (c_0 + c_1 + ... + c_p) x_{t-1} + ... + (c_0 + Lc_1 + ... + L^p c_p) x_{t-L} + \varepsilon_t$$

3) olingan ifodani qayta shakllantirish uchun undagi hadlarni boshqa tartibga keltirish (qayta guruhlash) usulidan foydalanamiz.

$$y_t = \beta_0 + c_0 x_t + (x_t + x_{t-1} + ... + x_{t-L}) + c_1 (x_{t-1} + 2x_{t-2} + ... + Lx_{t-L}) + ... +$$
$$+ c_p (x_{t-1} + 2^p x_{t-2} + ... + L^p x_{t-L}) + \varepsilon_t$$

$c_i, i = \overline{0,P}$ koeffitsientlaridan keyin qavs ichida berilgan yig‘indilarni yangi o‘zgaruvchi sifatida belgilab olamiz.

$$z_0 = x_t + x_{t-1} + ... + x_{t-L} = \sum_{i=0}^{L} x_{t-i}$$

$$z_1 = x_{t-1} + 2x_{t-2} + ... + Lx_{t-L} = \sum_{i=0}^{L} i \cdot x_{t-i}$$

.....

$$z_p = x_{t-1} + 2^p x_{t-2} + ... + L^p x_{t-L} = \sum_{i=0}^{L} i^p \cdot x_{t-i}$$

Yangi o‘zgaruvchilar hisobga olinganda model quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$y_t = \beta_0 + c_0 z_0 + c_1 z_1 + ... + c_p z_p + \varepsilon_t \qquad (7.2)$$

$D(y) = D(y) + D(e)$ modelning koeffitsientlari oddiy eng kichik kvadratlar usuli yordamida baholanadi. Olingan $c_i, i = \overline{0,P}$ qiymatlaridan kelib chiqib, birinchi bosqichda olingan nisbatlarga asoslanadi va shu orqali 14.1-modeldagi β_i $(i = \overline{0,L})$ ko‘rsatkichlarining bahosi aniqlanadi.

Almon usulining kamchiliklari:

1. Eng katta lag L miqdori oldindan aniq belgilanishi kerak, amaliyotda esa bu har doim ham oson bo‘lmaydi.

L lagning optimal qiymatini tanlash usullaridan biri — bog‘lanish zichligini baholashdir. Bunda natijaviy o‘zgaruvchi y bilan uning kechikkan qiymatlari $x : r(y, x_{t-1}), r(y, x_{t-2})$ kabi bog‘lanishlar, shuningdek, ta’sir qiluvchi omilning lagli qiymatlari orqali juft korrelyatsiya koeffitsientlarini tuzish tavsiya etiladi.

Agar bog‘lanish zichligining qiymati muhim bo‘lsa, ushbu o‘zgaruvchining lagli ko‘rinishi modelga kiritilishi lozim. Shunday qilib,

bog‘lanish darajasining eng katta ahamiyatga ega tartibi L max sifatida olinadi.

2. Polinom tartibi R oldindan aniq emas. Polinom darajasini tanlashda odatda amaliy tajribaga asoslanib, ikkinchi darajali polinomdan yuqori tartibli variantlar ko‘rib chiqilmasligi taxmin qilinadi. Bundan tashqari, tanlangan polinom darajasi lag tuzilishidagi ekstremal nuqtalar sonidan bittaga kam bo‘lishi shart.

3. Agar tahlil qilinayotgan omillar o‘rtasida qattiq bog‘lanish mavjud bo‘lsa, u holda asl omillarning kombinatsiyasi sifatida aniqlangan yangi z_i (bu yerda $(i=\overline{0,L})$) o‘zgaruvchilari ham o‘zaro bog‘liq bo‘lib qoladi. O‘zgartirilgan (7.2) regressiya modelida multikollinearlik muammosi butunlay hal etilmagan. Shu bilan birga, yangi z_i o‘zgaruvchilaridagi multikollinearlik darajasi (7.1) asl modeldagi β_i $(i=\overline{1,L})$ parametrlarining baholaridagiga qaraganda ancha past bo‘ladi.

Almon usulining ustunliklari:

1. Almon usuli yordamida (7.1) ko‘rinishdagi, istalgan uzunlikdagi taqsimlangan kechikmali modelni qurish mumkin, ya’ni maksimal L kechikishi etarlicha katta qiymatlari uchun ham qo‘llash mumkin. Buning sababi, o‘zgartirilgan (7.2) regressiya modelidagi o‘zgaruvchilar soni ko‘p bo‘lmasligi va shu sababli erkinlik darajalari soni sezilarli darajada kamayib ketmasligidir.

2. Almon usuli universal hisoblanib, undan turli xil kechikish tuzilmalariga ega bo‘lgan jarayonlarni modellashtirishda foydalanish mumkin.

7.3-§. Koyk usuli

Koyk usulining (Koyk transformatsiyasi) asosiy ma’nosi quyidagidan iborat. Agar (7.1) regressiya tenglamasi t vaqt nuqtasi uchun o‘rinli bo‘lsa, u $t-1$ vaqt nuqtasi uchun ham amal qiladi.

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 \cdot x_{t-1} + \beta_1 \cdot \lambda \cdot x_{t-2} + \beta_1 \cdot \lambda^2 \cdot x_{t-3} + \ldots + \varepsilon_t$$

Ushbu tenglamaning ikkala tomonini λ ga ko‘paytirib, asl (7.1) tenglamadan ayiramiz:

$$y_t - \lambda \cdot y_{t-1} = \beta_0(1-\lambda) + \beta_1 \cdot x_t + \varepsilon_t - \lambda \cdot \varepsilon_{t-1}$$

yoki

$$y_t = \beta_0(1-\lambda) + \beta_1 \cdot x_t + \lambda \cdot y_{t-1} + v_t$$

bu yerda $v_t = \varepsilon_t - \lambda \cdot \varepsilon_{t-1}$

Natijada olingan model avtoregressiya modeldir. Yangi model shakli uning qisqa va uzoq muddatli xususiyatlarini tahlil qilish imkoniyatini beradi.

Qisqa muddatli davrda (joriy davrda) y_{t-1} qiymati o‘zgarmas deb qaraladi, x o‘zgaruvchining y o‘zgaruvchiga ta’siri β_1 koeffitsienti orqali tavsiflanadi.

Uzoq muddatli muvozanat sharoitida (tenglamaning tasodifiy tarkibiy qismini hisobga olmagan holda) agar x_t ma’lum bir $\bar{x}$ muvozanat qiymatiga intilsa, y_t va y_{t-1} ham o‘zining $\bar{y}$ muvozanat qiymatiga yaqinlashadi. Bu qiymat quyidagicha topiladi:

$$\bar{y} = \beta_0(1-\lambda) + \beta_1 \cdot \bar{x} + \lambda \cdot \bar{y}$$

bu ifodadan quyidagi tenglik kelib chiqadi:

$$\bar{y} = \beta_0 + \frac{\beta_1}{1-\lambda} \cdot \bar{x}$$

Shu asnoda, x o‘zgaruvchining y o‘zgaruvchiga uzoq muddatli ta’siri quyidagi koeffitsient orqali aniqlanadi:

$$\frac{\beta_1}{1-\lambda}$$

Agar λ parametri [0;1] oralig‘ida bo‘lsa, u holda uzoq muddatdagi ta’sir qisqa muddatdagiga nisbatan kuchliroq bo‘ladi, ya’ni β_1 ning uzoq muddatli ta’siri uning qisqa muddatli ta’siridan oshib ketadi.

Koykning transformatsion modeli amaliy qo‘llash uchun qulay hisoblanadi, chunki c, β_1 va λ parametrlarining baholarini oddiy regressiya modeli uchun eng kichik kvadratlar usuli yordamida aniqlash mumkin. Biroq, ushbu usulda olingan baholar siljiydigan va mos kelmaydigan bo‘lib qoladi, chunki oddiy chiziqli regressiya modelining asosiy sharti buziladi (bog‘liq o‘zgaruvchi y qisman ε_{t-1} ga bog‘liq bo‘lib, tasodifiy xatolarning $\lambda \cdot \varepsilon_{t-1}$ komponenti bilan bog‘langan holat yuzaga keladi).

7.4-§. Adaptiv kutishlar modeli

Aytaylik, $\hat{x}_{t+1}-t$ vaqt momentida $\hat{x}_{t+1}$ o‘zgaruvchisi uchun qilingan bashorat (kutilayotgan qiymat) bo‘lsin, y_t esa joriy vaqtda unga bog‘liq bo‘lgan va $\hat{x}_{t+1}$ orqali aniqlanadigan o‘zgaruvchi hisoblansin, ya’ni:

$$y_t = \alpha + \beta \cdot \hat{x}_{t+1},\ t = \overline{1,n}$$

Adaptiv kutishlar yondashuvida $\hat{x}_{t+1} - \hat{x}_t$ farqi – ya’ni kutilayotgan qiymatning o‘sishi – oldingi $\hat{x}_t$ bosqichda kuzatilgan x_t ning uning bashorat qiymatidan og‘ishi (x_t dan) bilan mutanosib deb faraz qilinadi, ya’ni:

$$(\hat{x}_{t+1} - \hat{x}_t) = \lambda \cdot (x_t - \hat{x}_t),$$

yoki

$$\hat{x}_{t+1} = \lambda \cdot x_t + (1-\lambda) \cdot \hat{x}_t$$

bu yerda λ - kutish koeffitsienti ($0 < \lambda < 1$).

$\hat{x}_t$ ning bu ifodasidan ko‘rinadiki, u x_t ning haqiqiy qiymati va $\hat{x}_t$ ning oldingi taxmini asosida shakllantiriladi.

Keyingi model

$$y_t = \alpha + \beta \cdot \hat{x}_{t+1},\ t = \overline{1,n} \text{ va } (\hat{x}_{t+1} - \hat{x}_t) = \lambda \cdot (x_t - \hat{x}_t)$$

adaptiv kutish modellari deb yuritiladi.

Bunday model, masalan, firma kelgusi davr mahsulot narxi x_{t+1} ma’lum bo‘lib, shu narxda sotish imkoniyati mavjud, lekin ishlab chiqarish hajmi y_t to‘g‘risidagi qaror oldindan qabul qilinishi zarur bo‘lgan vaziyatlarda qo‘llaniladi. Demak, y_t hajmi to‘g‘risidagi qaror $\hat{x}_{t+1}$ ning prognoz qilingan qiymatiga tayanib belgilanadi.

$\hat{x}_{t+1} = \lambda \cdot x_t + (1-\lambda) \cdot \hat{x}_t$ ifodani $y_t = \alpha + \beta \cdot \hat{x}_{t+1},\ t = \overline{1,n}$ modeliga qo‘ygan holda, adaptiv kutish modelini geometrik laglar modeliga aylantirish mumkin:

$$y_t = \alpha + \beta \cdot \lambda \cdot (x_t + (1-\lambda)x_{t-1} + (1-\lambda)^2 x_{t-2} + \ldots) + \varepsilon_t,\ t = \overline{1,n}$$

Agar y_t ni y_{t-1} orqali ifodalasak, yuqoridagi tenglamani avtoregressiya shaklida quyidagicha yozishimiz mumkin:

$$y_t = \alpha \cdot \lambda + \beta \cdot \lambda \cdot x_t + (1-\lambda) y_{t-1} + u_t,\ t = \overline{1,n.}$$

bu yerda $u_t = \varepsilon_t - (1-\lambda) \cdot \varepsilon_{t-1}$.

Quyidagi $y_t = \alpha + \beta \cdot \hat{x}_{t+1},\ t = \overline{1,n}$ modeli oldin ma'lum bo'lmagan omilning prognoz qiymatini o'z ichiga oladi.

$y_t = \alpha \cdot \lambda + \beta \cdot \lambda \cdot x_t + (1-\lambda) y_{t-1} + u_t,\ t = \overline{1,n}.$ modeli esa faqat o'zgaruvchilarning haqiqiy kuzatilgan qiymatlaridan tashkil topganligi sababli aniqlash mumkin.

$y_t = \alpha \cdot \lambda + \beta \cdot \lambda \cdot x_t + (1-\lambda) y_{t-1} + u_t,\ t = \overline{1,n}.$ modeli adaptiv kutish modelining qisqa muddatli funktsiyasi deb nomlanadi.

Misol. Adaptiv kutish modeliga misol.

Oddiy eng kichik kvadratlar usuli yordamida xomashyo narxi x_t bilan tovar forward bitimi narxi y_t o'rtasidagi bog'liqlikni ifodalovchi avtoregressiya modeli quyidagicha olingan:

$y_t = -0.15 + 4.78x_t + 0.39y_{t-1}$.

$y_t = -0.15 + 4.78x_t + 0.39y_{t-1}$ va $y_t = \alpha \cdot \lambda + \beta \cdot \lambda \cdot x_t + (1-\lambda) y_{t-1} + u_t,\ t = \overline{1,n}$, ifodalardagi koeffitsiyentlarni solishtirib, λ=0,6, β=7,88 va α=−0,248 ekanligini aniqlaymiz.

Natijada, adaptiv kutish modeli $y_t = \alpha + \beta \cdot \hat{x}_{t+1},\ t = \overline{1,n}$, $\hat{x}_{t+1} = \lambda \cdot x_t + (1-\lambda) \cdot \hat{x}_t$ ni quyidagi shaklda ifodalash mumkin:

$y_t = -0.248 + 7.88 \cdot \hat{x}_{t+1},\ \ \hat{x}_{t+1} = 0.6 \cdot x_t + 0.4 \cdot \hat{x}_t$

Shunday qilib, $\hat{x}_{t+1}$ ning kutilayotgan qiymati 60% x_t ning haqiqiy qiymati va 40% x_t ning oldingi prognoz qiymati asosida belgilanadi.

Nazorat uchun savollar

1. Vaqtli qatorlarni qanday usullar bilan tekislash mumkin?
2. Dinamik ekonometrik modellarning umumiy xarakteristikalari?
3. Avtoregressiya modeli va uning parametrlarini baholashni tushuntirib bering?
4. Taklif va boshqa bozor iqtisodiyot qonunlari namoyon bo'lishini o'rganishda regression tahlil usullaridan foydalanish tartibini misollarda tushuntirib bering.
5. Taqsimlangan lagli modellarning aniq bir misolda tushuntirib bering.
6. Almon usuliga izoh bering.
7. Koyk usuliga izoh bering.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. C. Dougherty. Introduction to Econometrics. Oxford, University Press, 2007.

2. В.А.Бившев. Эконометрика. М.: Финансы и статистика, 2008.

3. Л.О. Бабешко. Основы эконометрического моделирования. – М.: Комкнига, 2001.

4. Эконометрика. Под редакцией И.И.Елисеевой. – М.: Финансы и статистика, 2005.

5. Практикум по эконометрике. Под редакцией И.И.Елисеевой. – М.: Финансы и статистика, 2005.

6. Н.В.Катаргин, А.В.Светков. Исследование автокорреляций высоких порядков в рядах сен активов на фондовом ринке. Международный научный журнал № 4, 2011, стр. 38-42

7. Е.Петерс. Порядок и хаос на ринках капитала. М. – Мир, 2000

8. Н.В.Катаргин, Е.А.Филиппович. Настройка макроэкономических моделей с исползованием метода Ньютона. Международный научный журнал № 1, 2010, стр.15-18.

9. Economic Indicators OCTOBER 2008 (Includes data available as of November 7, 2008), Economic Indicators DECEMBER 2003 (Includes data available as of December 31, 2003), http://www.gpoaccess.gov/indicators/

10. Economic Indicators DECEMBER 1995, Economic Indicators DECEMBER. 1986, Economic Indicators DECEMBER 1978, Economic Indicators DECEMBER. 1968, Economic Indicators DECEMBER 1959, Economic Indicators DECEMBER. 1953

11.Greene, W. H. (2012). Econometric Analysis, 7th Edition (Int. Edition), Essex: Pearson.

12. Verbeek M. A guide to modern econometrics. John Wiley & Sons,
Ltd. 2004.

13. Baltagi B.H., Econometric analysis of panel data. John Wiley &
Sons, Ltd. 2005.

14. Elhorst J. P., Spatial econometrics: From cross-sectional data to spatial panels. Heidelberg, New York, Dordrecht, London : Springer, 2014.

15. Hardle W., Muller M., Sperlich S., Werwatz A., Nonparametric and semiparametric models, Springer, 2004.

16. Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. The elements of statistical learning: Data mining, inference, and prediction. Springer, 2008.

17. Keele L., Semiparametric regression for the social sciences, John Wiley&Sons, Ltd., 2008.

18. D.K.Abdullayeva, R.X.Alimov, A.I.Ishnazarov. EKONOMETRIKA – 2. T.: «Innovatsion rivojlanish nashriyot-matbaa uyi», 2021 – 172 b. ISBN 978-9943-7664-6-4

19. I. Habibullayev. Ekonometrika. Darslik; - T.: Iqtisodiyot va Moliya. 2020.-240 b.

MUNDARIJA

KIRISH 3

I BOB. AMALIY EKONOMETRIKAGA KIRISH 6

1.1-§. Ekonometrikaning maqsadi, vazifalari va rivojlanish bosqichlari 6

1.2-§. Amaliy ekonometrika va nazariy ekonometrika farqi 10

1.3-§. Amaliy ekonometrikaning tarkibiy qismlari 12

1.4-§. Amaliy ekonometrikada uchraydigan muammolar 14

1.5-§. Amaliy ekonometrikada ishlatiladigan dasturiy vositalar 15

II BOB. IQTISODIYOTDA CHIZIQLI MODELLAR VA BALANS TIZIMLARI 18

2.1-§. Ko‘p tarmoqli iqtisodiyotda balans munosabatlari. Tarmoqlararo balans usulining ahamiyati, mazmuni va vazifalari 18

2.2-§. Ko‘p tarmoqli iqtisodiyotda chiziqli modellar 19

2.3-§. Leontev modeli. Leontev modelining samaradorligi 30

2.4-§. Xarajatlar koeffitsiyentlarini hisoblash 35

III BOB. MIKROIQTISODIY MODELLAR: ISTE’MOLCHI VA ISHLAB CHIQARUVCHI XATTI-HARAKATLARI 39

3.1-§. Foydalilik funksiyasi, iste’mol tanlovi va ularning xossalari 39

3.2-§. Iste’mol tanlovi funksiyasi, uning yechimi va xossalari 43

3.3-§. Tovarlar bir-birining o‘rnini bosishi. Kompensatsiya samarasi . 45

3.4-§. Ishlab chiqarish funksiyalari: mohiyati, turlari (Kobb-Duglas, CES, Leontyev) 46

3.5-§. Ishlab chiqarish funksiyasining o‘rtacha va limit qiymatlari 51

IV BOB. ISHLAB CHIQARISH FUNKSIYALARI ASOSIDA IQTISODIY O‘SISHNI TAHLIL QILISH 54

4.1.-§. Iqtisodiy o‘sish jarayonlarini ishlab chiqarish funksiyalari yordamida tadqiq qilish 54

4.2-§. Talab va taklifning ekonometrik modellari 60

4.3-§. Makroiqtisodiy ekonometrik modellarning turlari va ularning iqtisodiy tahlilda qo‘llanilishi 67

4.4.-§. Barqaror iqtisodiy o‘sishni ekonometrik tadqiq etish 71

4.5-§. Barqarorlikni yuqori darajali modellar yordamida tahlil qilish .. 78

V BOB. PANELLAR VA ENDOGENLIK: ZAMONAVIY REGRESSIYA USULLARI 82
5.1-§. Panel ma'lumotlar to'plamlari 82
5.2-§. Baholash yondashuvlari 85
5.3-§. Instrumental o'zgaruvchilar 89
5.4-§. Instrumental o'zgaruvchilar (IO') baholovchisi 94
5.5-§. Kovariatsiya va korrelyatsiya tahlili 96
5.6-§. Ko'p o'zgaruvchili regressiya uchun instrumental o'zgaruvchilar (IO') baholash usuli 97
5.7-§. Identifikatsiya 99
5.8-§. Ikki bosqichli eng kichik kvadratlar usuli (2SLS) 100
5.9-§. Instrumental o'zgaruvchilar baholovchisi bilan xulosa chiqarish (Inference with the IO' estimator) 103
5.10-§. Ko'p o'zgaruvchili regressiya tahlilida instrumental o'zgaruvchi baholar 105
5.11-§. Ikki bosqichli eng kichik kvadratlar usuli (Two Stage Least Squares — 2SLS) 106
5.12-§. Instrumental o'zgaruvchilar va o'lchovdagi xatolar 109
5.13-§. Endogenlik va ortiqcha identifikatsiya uchun testlar 111
VI BOB. NOCHIZIQI VA IXTISOSLASHGAN MODELLAR .. 114
6.1-§. Binar qiymatlar uchun Logit va Probit modellar 114
6.2-§. Logit va Probit modellarni aniqlash. Logit va Probit modellarining maksimal ehtimoliligini baholash 115
6.3-§. Ko'p maqsadli gipotezalarini tekshirish 116
6.4-§. Burchak yechimi javoblari uchun Tobit modeli 117
6.5-§. Cheksiz taqsimlangan lagli modellar 118
6.7-§. Soxta regressiya. Kointegratsiya va xatolarni tuzatish modellari 121
6.8-§. Vaqtli qatorlar uchun avtoregressiya (AR) 122
6.9-§. Siljigan o'rtachali avtoregressiya (ARMA) jarayoni 124
6.10-§. Avtoregressiya jarayoni 128
6.11-§. ARCH va GARCH modellari 130

VII BOB. DINAMIK EKONOMETRIK MODELLAR VA PROGNOZLAR.....137
7.1-§. Taqsimlangan lagli modellar parametrlarini aniqlash 137
7.2-§. Almon usuli 139
7.3-§. Koyk usuli 141
7.4-§. Adaptiv kutishlar modeli..... 143
Foydalanilgan adabiyotlar.....145

I.SHADMANOV, J.QULJANOV, U.RAXIMOVA

AMALIY EKONOMETRIKA

DARSLIK

Muharrir: Z.N. Bobodustov
Musahhih: M.O. Mardiyeva
Texnik muharrir: N. Ergashev

Darslik institut Kengashining 2025-yil 27-Noyabrdagi majlisida muhokama qilingan va nashrga tavsiya etilgan. (4-sonli majlis bayoni, Ro'xatga olish raqami 317-27/11).

"STAP-SEL" MChJ nashriyoti, Samarqand - 2025

ISBN: 978-9910-225-27-7

Tasdiqnoma № 033337 (27.07.2022)
Nashrga ruxsat etildi: 29.12. 2025 y.
© "STAP-SEL" MChJ nashriyoti, Samarqand 2025 y.

9583

2025 yilda chop etildi.
Qog'oz bichimi A5, 60x84 1/16, Ofset qog'ozi.
"Times New Roman" garniturasi.
Nashr bosma tabog`i 9.37
Buyurtma № 0182A/25. Adadi 100 nusxa

Samarqand iqtisodiyot va servis institutining matbaa bo`limida chop etildi.
LICENSE № 025316.
REESTR № X-119112.
Manzil: Samarqand shahar, Shoxrux ko`chasi 60-uy.

26875

ISBN: 978-9910-225-27-7

