

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI  
OLIY VA O‘RTA MAXSUS TA’LIM VAZIRLIGI**

**D.K.Abdullayeva, R.X.Alimov, A.I. Ishnazarov**

# **EKONOMETRIKA - 2**

O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta’lim vazirligi  
tomonidan magistratura barcha mutaxassisliklarida tahsil olayotgan  
talabalar uchun o‘quv qo‘llanma sifatida tavsiya etilgan

**TOSHKENT**

**UO‘K:330.43**  
**KBK: 65v6ya73**  
**E 69**

**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**

**UO‘K:330.43**  
**KBK: 65v6ya73**

**ISBN 978-9943-7664-6-4**

**© «Innovatsion rivojlanish nashriyot-matbaa uyi», 2021.**

## I BOB. EKONOMETRIKA-2 GA KIRISH

### 1.1. Statistik bog‘liqliklarni tanlash konsepsiyasi

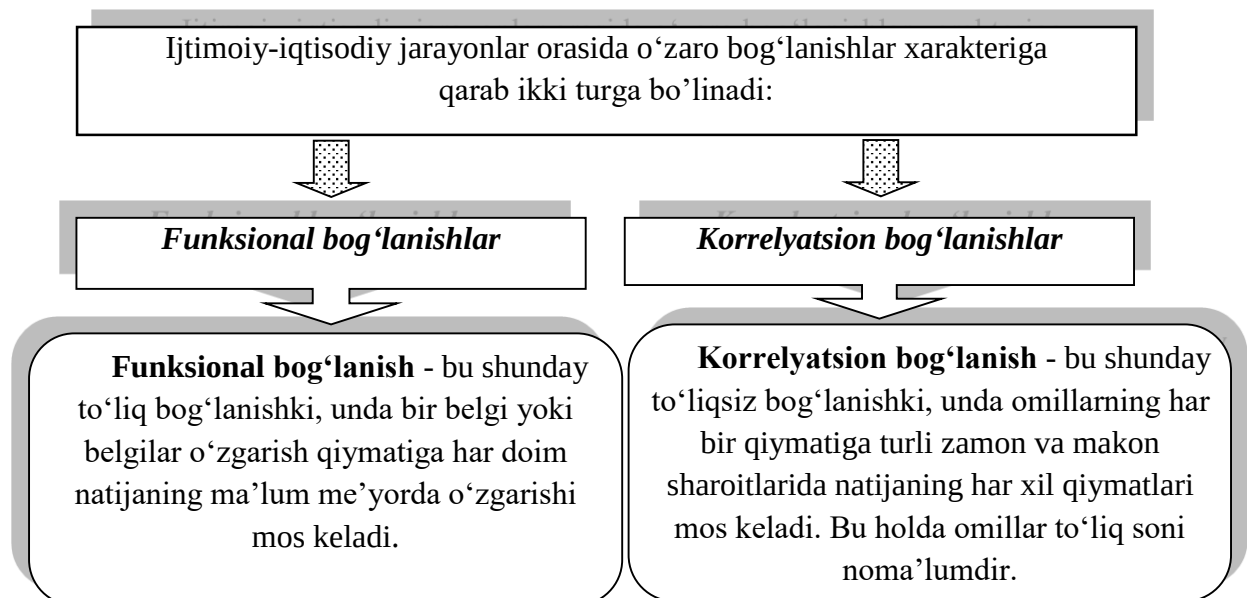
### 1.2. Chiziqli va chiziqli ko‘rinishga keltiriladigan funksiyalar

#### 1.1. Statistik bog‘liqliklarni tanlash konsepsiyasi

Regression tahlil – bu eng avvalo keng ma’noda omilli tahlildir. Iqtisodiy omilli tahlil deb, dastlabki omillar tizimidan (natijaviy ko‘rsatkich) pirovard omillar tizimiga o‘tish, natijaviy ko‘rsatkichning o‘zgarishiga ta’sir o‘tkazuvchi to‘g‘ri miqdoriy o‘lchanadigan omillarning to‘liq to‘plamini o‘rganib, ochib berish tushuniladi.

Quyidagi korxona faoliyati omilli tahlil masalalarining matematik usullaridan foydalanish nuqtai nazaridan taxminiy tavsifi keltirilgan.

To‘g‘ri omilli tahlilda natijaviy ko‘rsatkich yoki jarayonning o‘zgarishiga ta’sir etuvchi alohida omillar aniqlanadi, natijaviy ko‘rsatkich va aniqlangan omillar to‘plami o‘rtasidagi determinallashgan yoki stoxastik bog‘lanishlar shakli (ko‘rinishi) aniqlanadi va nihoyat, alohida omillarning natijaviy iqtisodiy ko‘rsatkichni o‘zgari-shidagi o‘rni belgilanadi.



1.1-rasm. Bog‘lanish turlari.

To‘g‘ri omilli tahlil masalalarini qo‘yilishi determinallashgan va stoxastik hollarga ham tarqaladi. Buni quyidagi ifodada keltiramiz.

Qandaydir  $y = f(x_i)$  funksiya natijaviy ko'rsatkich yoki jarayonning o'zgarishini xarakterlaydigan bo'lsin;  $x_1, x_2, \dots, x_n$  - funksiya  $f(x_i)$  bog'liq bo'lgan omillardir.

O'rganilayotgan ko'rsatkich  $y$  ni  $x_1, x_2, \dots, x_n$  omillar to'plami bilan funksional determinallashgan bog'lanish shakli  $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  ko'rinishida beriladi.

Tahlil qilish davrida  $y$  ko'rsatkich ( $\Delta y$ ) ortirma olgan bo'lsin.  $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  funksiyaning miqdoriy ortishini qaysi qismi har bir argumentning qanday ortishiga to'g'ri kelishini aniqlash talab qilinadi.

Bunday tarzda shakllangan masala to'g'ri determinallashgan omilli tahlil masalasining qo'yilishining o'zidir.

To'g'ri determinallashgan omilli tahlilga misol bo'lib quyidagilar hisoblanadi:

- ishlab chiqarilgan mahsulot hajmiga mehnat unumdorligi va ishchilar soni ta'sirining tahlili ( $y$  - mahsulot hajmi;  $x, z$  - omillarni funksional bog'lanish shakli berilgan  $y = x \cdot z$ );
- foyda miqdorini asosiy ishlab chiqarish fondlari va me'yoralashtirilgan aylanma vositalarini rentabellik darajasiga ta'sirini tahlili ( $y$  - rentabellik darajasi;  $x, z, v$  - mos keluvchi omillar;
- berilgan funksional bog'lanish shakli  $y = \frac{x}{z+v}$  ko'rinishiga ega).

To'g'ri determinallashgan omilli tahlil masalalari xo'jalik faoliyatini tahlilida eng keng tarqalgan masalalar guruhidir.

Analitik ifodalarning ko'rinishiga qarab bog'lanishlar to'g'ri chiziqli (yoki umuman chiziqli) va egri chiziqli (yoki chiziqsiz) bo'ladi.

Agar bog'lanishning tenglamasida omil belgilar ( $X_1, X_2, \dots, X_K$ ) faqat birinchi daraja bilan ishtirok etib, ularning yuqori darajalari va aralash ko'paytmalari qatnashmasa, ya'ni  $y_x = a_0 + \sum_{i=1}^K a_i X_i$  ko'rinishda bo'lsa, chiziqli bog'lanish yoki xususiy holda, omil bitta bo'lganda  $y = a_0 + a_1 x$  to'g'ri chiziqli bog'lanish deyiladi.

Statistikada o'zaro bog'lanishlarni o'rganish uchun maxsus usullardan foydalaniladi.

Xususan, funksional bog'lanishlarni tekshirish uchun balans va indeks usullari, korrelyatsion bog'lanishlarni o'rganish uchun esa

parallel qatorlar, analitik guruhlash, dispersion tahlil hamda regression va korrelyatsion tahlil usullari keng qo'llaniladi.

Ekonometrik modellashtirishda regression tahlil usullarini qo'llash yo'nalishlari.

Iqtisodiy tahlilda ko'rsatkichni detallashtirishga keltirish, uni tashkil etuvchi qismlarga ajratish masalalaridan tashqari bir guruh masalalar mavjudki, unda qator iqtisodiy xarakteristikalarini kompleksga bog'lash talab qilinadi.

Bu esa o'zida barcha ko'rib chiqilayotgan iqtisodiy ko'rsatkichlar – argumentlarning asosiy sifatini mujassam qilgan funksiya tuzishni, ya'ni sintez masalasi tuziladi. Bu holda teskari masala qo'yiladi (to'g'ri omilli tahlil masalasiga nisbatan) – bir qator ko'rsatkichlarni kompleksga birlashtirish masalasi tuziladi.

## **1.2. Chiziqli va chiziqli ko'rinishga keltiriladigan funksiyalar**

Qandaydir iqtisodiy jarayonni ( $L$ ) xarakterlovchi ko'rsatkichlar  $x_1, x_2, \dots, x_n$  to'plami mavjud bo'lsin. Ko'rsatkichlarning har biri  $L$  jarayonni bir tomonlama xarakterlaydi.

O'zida barcha ko'rsatkichlarning  $x_1, x_2, \dots, x_n$  asosiy xarakteristikalarini yoki ba'zi birlarini kompleksda ifodalagan  $L$  jarayonning o'zgarish funksiyasini  $f(x_i)$  tuzish talab qilinadi. Izlanish maqsadidan kelib chiqqan holda  $f(x_i)$  funksiya jarayonni statika va dinamikada xarakterlab berishi kerak. Masalani bunday qo'yilishi omilli tahlilning teskari masalasi deyiladi.

Teskari omilli tahlil masalalari determinallashtirish va stoxastik bo'lishi mumkin. Teskari determinallashtirish omilli tahlil masalalariga misol bo'lib ishlab chiqarish faoliyatini kompleks baholash masalasi hamda matematik dasturlash masalalari, buni ichida chiziqli dasturlash masalalari ham hisoblanadi.

Teskari stoxastik omilli tahlil masalasiga misol bo'lib, ishlab chiqarish funksiyasi xizmat qilishi mumkin, uning bilan mahsulot ishlab chiqarish miqdori va ishlab chiqarish omillari xarajatlari o'rtasidagi bog'lanish o'rganiladi.

Iqtisodiy ko'rsatkichlarni yoki jarayonlarni to'liq, detallashtirish holda o'rganish uchun faqat bir bosqichli tahlilni emas, balki statikada va dinamikada zanjirli omilli tahlil ham o'tkazish zarur.



hisoblashda xatolik bo'lishini rad etmaydi. Ko'pincha ularning ta'siri sezilarsiz va qarama-qarshi xarakterga ega. Ushbu omillarning barcha samarasi, ham musbat ham manfiy qiymatlarni qabul qiluvchi «U» tasodifiy o'zgaruvchi bilan baholanadi. Chiziqli bog'liqlik:

$$Y = f(X_1, U) \text{ yoki } Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n, U), \text{ ko'rinishda bo'ladi.}$$

«U» o'zgaruvchi quyidagi stoxastik xususiyatlarga ega bo'lgan xato sifatida namoyon bo'ladi:

- ehtimoliy me'yoriy taqsimotga ega bo'ladi;
- nolli o'rtachaga ega;
- chekli dispersiyaga ega;
- o'lchash xatosi hisoblanadi.

Statistik ma'lumot yig'ishda ko'p hollarda parametrning haqiqiy qiymatlari o'rniga yashirin xatoga ega o'lchamlar kiritiladi (ular obyektiv, subyektiv xarakterga ega bo'lishlari, o'lcham hisoblarining noaniqligi, noaniq hujjat aylanishi, alohida o'lchamlarini subyektiv bahosi va boshqalar). Barcha yuqorida sanab o'tilgan kamchiliklar o'lchash xatolarini tenglama xatolariga o'tishiga olib keladi, ya'ni:

$$Y = a_0 + a_1 X + W$$

$$W = U + V$$

bunda W-jami xato; U-stoxastik e'tiroz bildirish; V-o'lchash xatosi.

Nisbatan oddiy bog'liqlik deb chiziqli bir omilli bog'liqlik yoki chiziqli ko'p omilli model, u tasodifiy xatoga nisbatan bir necha taxminlarni qabul qilganda hisoblanadi: o'rtacha nolga teng; dispersiya sust va asosiy omillarga bog'liq emas va tasodiy xato bir-biriga bog'liq emas.

## II BOB. STATISTIK TAQSIMOT NAZARIYASI

**2.1. Tasodifiy miqdorlar va ularning turlari.**

**2.2. To'plamlar va ularning xossalari.**

**2.3. Diskret tasodifiy miqdor ehtimollarining taqsimot qonuni.**

**2.4. Tasodifiy miqdorlarning xarakteristikalarini hisoblash.**

### 2.1. Tasodifiy miqdorlar va ularning turlari

Taqsimot – ehtimollar nazariyasi va matematik statistikaning asosiy tushunchalaridan biri.

Ehtimollar nazariyasi va matematik statistikaning aniq masalalarida uchraydigan  $T$ ., odatda, diskret, ya'ni alohida ehtimolliklar bilan aniklanadi (mas., binomial, geometrik, polinomial va Puasson taqsimotlari) yoki zichlik funksiyalari bilan aniqlanuvchi absolut uzluksiz tipdagi (mas., normal, ko'rsatkichli, tekis) taqsimotlardir.

Ba'zi taqsimotlar tasodifiy miqdorlarni funksional almashtirish natijasida hosil bo'lgan tasodifiy miqdorlarning aniq yoki asimptotik (limit) taqsimoti sifatida ham hosil qilinishi mumkin. Bunday taqsimotlar ( $x$  m kvadrat taqsimot, Student taqsimoti, Fisherning

$F$  taqsimoti) odatda, matematik statistikada keng qo'llaniladi.

Tabiat, jamiyat, iqtisodiyot va shu kabi sohalarda uchraydigan tasodifiy jarayonlarni ifodalashda hosil bo'luvchi  $T$ .lar, odatda, nomal bo'lib, ular o'rniga statistik analoglari – empirik  $T$ . qo'llaniladi.

Bu  $T$ .lar tasodifiy miqdorlarning sonli xarakteristikalarini (matematik kutilma, dispersiya, korrelyatsiya) taqribiy aniqlash (statistik baholash)da va statistik gipotezalarni tekshirishda keng qo'llaniladi.

Amalda ko'p uchraydigan diskret taqsimot qonunlari. Tasodifiy miqdor tushunchasi ehtimollar nazariyasi fanining asosiy tushunchalaridan biri hisoblanadi.

**Ta'rif:** Tasodifiy miqdor deb, tasodifiy sabablarning ta'siri natijasida mumkin bo'lgan qiymatlardan faqat bittasini tayin ehtimol bilan qabul qiluvchi miqdorga aytiladi.

Biz tasodifiy miqdorlarni lotin alfavitining bosh harflari  $X, Y, Z, \dots$  bilan, ularning mumkin bo'lgan qiymatlarini esa tegishli kichik harflari  $x, y, z, \dots$  bilan belgilaymiz.



Odatda tasodifiy miqdorlar ikki xil bo'ladi: diskret tasodifiy miqdorlar va uzluksiz tasodifiy miqdorlar.

Diskret tasodifiy miqdorlar deb, mumkin bo'lgan qiymatlari ayrim ajralgan sonlardan (bu mumkin bo'lgan qiymatlar chekli yoki cheksiz bo'lishi mumkin) iborat miqdorga aytiladi.

**Misol.** X-tasodifiy miqdor 100 ta buyumdan iborat guruhdagi yaroqsiz buyumlar soni. Bu miqdorning mumkin bo'lgan qiymatlari quyidagicha bo'ladi:  $x_1=0, x_2=1, x_3=2, \dots, x_{101}=100$

Shunday qilib, diskret tasodifiy miqdorni tasvirlash uchun eng avvalo uning barcha mumkin bo'lgan qiymatlarini ko'rsatish lozim.

Ammo, X tasodifiy miqdor uchun uning faqat mumkin bo'lgan qiymatlari  $x_1, x_2, \dots$  nigina emas, balki  $\{x=x_1\}, \{x=x_2\}, \dots$  hodisalarning ehtimollarini ham, ya'ni  $P_1=P(X=x_1), P_2=P(X=x_2), \dots$  ni ham ko'rsatish lozim.

**Ta'rif.** Tasodifiy miqdorning qiymatlari bilan ularning ehtimollari orasidagi bog'lanishni tasodifiy miqdorning taqsimot qonuni deb ataladi. Diskret tasodifiy miqdor taqsimot qonunini ifodalash usullari va shakllari turlicha bo'lishi mumkin.

Diskret tasodifiy miqdor taqsimot qonuni berilishining eng sodda shakli jadval bo'lib, bunda tasodifiy miqdorning barcha mumkin bo'lgan qiymatlari va ularga mos ehtimolliklar ko'rsatilgan bo'ladi:  $X: x_1 \ x_2 \ \dots \ x_n \ p: p_1 \ p_2 \ \dots \ p_n$   $x_1 \ x_2 \ \dots \ x_n$  qiymatlar odatda ortib borish tartibida yoziladi.

Bundan tashqari,  $\{X=x_i\}$  hodisalarning har ikkitasi birgalikda emasligi sababli  $r_1+r_2+\dots+r_n=\sum_{i=1}^n p_i=1$  tenglik har doim o'rinli bo'ladi. Ba'zan diskret tasodifiy miqdorning taqsimot qonuni grafik usulda – taqsimot ko'pburchagi yordamida ham beriladi. Taqsimot ko'pburchagi hosil qilish uchun, abssissalar o'qida tasodifiy miqdorning mumkin bo'lgan qiymatlari, ordinatalar o'qida esa ularga mos ehtimollarni qo'yiladi, keyin esa  $(x_1; r_1), (x_2; r_2) \dots$  nuqtalarni kesmalar bilan tutashtiriladi.

Taqsimot qonuni formula (analitik) usulda ham beriladi. Misol. Tanga 5 marta tashlanadi. Gerb tomonining tushish soni X tasodifiy miqdor. Bu X tasodifiy miqdorning mumkin bo'lgan qiymatlari 0, 1, 2, 3, 4, 5, sonlardan iborat bo'ladi. Bu qiymatlarning ehtimollari Bernulli formulasi yordamida hisoblanadi. Amalda ko'p

uchraydigan diskret taqsimot qonunlari Binomial taqsimoti va Puasson taqsimoti hisoblanadi.

Binomial taqsimot.  $n$  marta erkli tajriba o'tkaziladi. Ulardan har birida biror  $A$  hodisa bir xil  $R$  ehtimol bilan yuz berishi mumkin.  $n$  ta tajribada  $A$  hodisaning yuz berishi sonidan iborat  $X$  tasodifiy miqdor qaraladi. Bu tasodifiy miqdorga mos jadval  $X: 0 \ 1 \ 2 \ \dots \ n-1 \ n$   $P: P_n(0) \ P_n(1) \ p_n(2) \ \dots \ P_n(n-1) \ P_n(n)$  ko'rinishda bo'lib, bunda  $P_n(k) = C_{n,k} p^k q^{n-k}$ , ( $k=0, 1, 2, \dots, n$ ). Bu bevosita Bernulli formulasidan kelib chiqadi. Bu jadval bilan xarakterlanadigan taqsimot qonuni binomial taqsimot qonuni deb ataladi. Agar  $X$  tasodifiy miqdorga mos jadval  $X: 0 \ 1 \ 2 \ \dots \ k \ \dots$   $R: r_0 \ r_1 \ r_2 \ \dots \ r_k \ \dots$  ko'rinishda bo'lsa, u holda  $X$  tasodifiy miqdor Puasson qonuni bo'yicha taqsimlangan tasodifiy miqdor deyiladi.

Ehtimollar nazariyasining tatbiqlarida Puasson taqsimoti boshqa ko'plab diskret taqsimotlarga nisbatan ko'proq uchraganligi sababli u muhim ahamiyat kasb etadi.

Oxirgi munosabatdan ko'rinib turibdiki, yuqoridagi limitga o'tish natijasida binomial taqsimotning jadvali Puasson taqsimotining jadvaliga o'tadi. Shunday qilib, Puasson taqsimoti binomial taqsimot uchun yuqoridagi shartlar bajarilganda limit taqsimot bo'lar ekan.

Puasson taqsimotning bu xossasi tajribalar soni katta bo'lib, ehtimol esa kichik bo'lganda binomial taqsimotni ifodalash bilan u tez-tez ishlatiladigan siyrak voqealar nomi bog'liq ekanligini ta'kidlab o'tamiz. Geometrik taqsimot qonuni deb ataluvchi qonun

$R(X=k) = qk-1p$ , ( $p+q=1$ ,  $k=1, 2, \dots$ ) formula shaklida berilishi yoki  $X: 1 \ 2 \ 3 \ \dots \ k \ \dots$   $P: p \ qp \ q^2p \ \dots \ q^{k-1}p \ \dots$  jadval ko'rinishida berilishi mumkin. Misol.  $X$  – bitta kubikni tashlashda birinchi marta «6» ochko tushguncha o'tkaziladigan tajribalar soni bo'lsin. Ravshanki, bu holda  $X$  – diskret tasodifiy miqdor bo'lib,  $r=1/6$  parametrli geometrik taqsimot qonuniga bo'ysunadi. **Misol.** Talabaning imtihon biletidagi savollarning har biriga to'g'ri javob berish ehtimoli 0,7 ga teng. Uning imtihon biletidagi 4 ta savolga bergan to'g'ri javoblari sonining taqsimot qonunini tuzing.

Yechish:  $X$  tasodifiy miqdor orqali talabaning to'g'ri javoblari sonini belgilasak, uning qabul qiladigan qiymatlari  $x_1=0$ ;  $x_2=1$ ;  $x_3=2$ ;  $x_4=3$ ;  $x_5=4$ ; Ko'rinib turibdiki,  $n=4$ ;  $p=0.7$ ;  $q=0.3$  va  $X$  tasodifiy miqdorning yuqoridagi qiymatlarni qabul qilish ehtimollari Bernulli formulasi orqali topiladi:

$$R1=R4(0) = S40(0,7)0(0,3)^4 =0,0081$$

$$R2 = R4(1) = S41(0,7)1(0,3)^3=0,0756$$

$$R3 = R4(2) = S42(0,7)2(0,3)^2 =0,2646$$

$$R4 = R4(3) = S43(0,7)3(0,3)^1 = 0,4116$$

$$R5 = R4(4) = S44(0,7)4(0,3)^0 = 0,2401$$

U holda X tasodifiy miqdorning taqsimot qonuni quyidagicha bo‘ladi: X 0 1 2 3 4 P 0,0081 0,0756 0,2646 0,4116 0,2401 Tekshirish:  $0,0081+0,0756+0,2646+0,4116+0,2401=1$

Statistik tahlilning asosiy maqsadi – empirik ma’lumotlarga ishlov berish, ularni tartiblash, grafik va jadval shaklida taqdim etish, shu jumladan, ularni asosiy statistik ko‘rsatkichlar orqali miqdoriy tahlil qilish. Asosiy statistik ko‘rsatkichlar 2 guruhga bo‘linadi: o‘rtacha darajasini o‘lchaydigan va dispersiyani o‘lchaydigan.

O‘rtacha darajali ko‘rsatkichlar obyektlar tanlanmasini o‘rtacha xarakteristikasini ma’lum bir belgisi bo‘yicha beradi: O‘rtacha qiymat; Standart xatosi; Standart chetlanish; Ekssess; Assimetriya; Interval; Minimum; Maksimum; Schet; Mediana; Moda; Kvantil; Ishonchlilik intervali.

Dispersiyani o‘lchaydigan ko‘rsatkichlar: Tasodifiy miqdorning dispersiyasi; O‘rtachakvadratik chetlanish; Variatsiya qulochi va shu kabi statistik ko‘rsatkichlar.

## 2.2. To‘plamlar va ularning xossalari

Statistikada *to‘plam* iborasi juda keng qo‘llaniladi. To‘plam hajmi deb bu to‘plamdagi obyektlar soniga aytiladi.

*To‘plamning* quyidagi turlari mavjud:

- asosiy;
- tanlanma;
- cheklangan;
- cheksiz.

*Tanlanma to‘plam*, yoki oddiy qilib, tanlanma deb tasodifiy ravishda tanlab olingan obyektlar to‘plamiga aytiladi.

*Bosh to‘plam* deb tanlanma ajratilgan obyektlar to‘plamiga aytiladi.

Masalan, 1000 ta detaldan tekshirish uchun 100 ta detal olingan bo‘lsa, u holda bosh to‘plam hajmiga  $N=1000$ , tanlanma hajmi esa  $n=100$ .

Bosh to'plam ko'pincha *chekli* sondagi elementlarni o'z ichiga oladi. Ammo bu son ancha katta bo'lsa, u holda hisoblashlarni soddalashtirish yoki nazariy xulosalarni ixchamlash maqsadini ko'zda tutib, ba'zan bosh to'plam *cheksiz* ko'p sondagi obyektlardan iborat deb faraz qilinadi. Bunday yo'l qo'yish shu bilan oqlanadagi bosh to'plam hajmini orttirish tanlanma ma'lumotlarini ishlab chiqish natijalariga amalda ta'sir etmaydi.

*To'plam birligi* - kuzatish talab etiladigan element.

*Belgi* - to'plam birligining belgilar turlari:

- sonli;
- son bilan ifodalab bo'lmaydigan.

*Variatsiya* - belgining o'zgarishidir.

*Variant* - o'zgaruvchi belgining konkret ifodasi. Variantlar lotin harflarida belgilanadi.

Masalan:  $X_1, X_2, \dots, X_k$   
 $Y_1, Y_2, \dots, Y_k$

O'zgaruvchi belgining miqdorlari majmuasi *variatsion qator* deb ataladi. Agar variantlarni ko'payish yoki kamayish bo'yicha joylashtirsak, *tartibli variatsion qatorni* tuzamiz.

### 2.3. Diskret va uzluksiz tasodifiy miqdorlar

*Tasodifiy miqdor*  $X$  deb, avvaldan noma'lum bo'lgan va oldindan inobatga olib bo'lmaydigan tasodifiy sabablarga bog'liq bo'lgan hamda sinash natijasida bitta mumkin bo'lgan qiymat qabul qiluvchi miqdorga aytiladi.

*Diskret (uzlukli) tasodifiy miqdor* deb, ayrim, ajralgan qiymatlarni ma'lum ehtimollar bilan qabul qiluvchi miqdorga aytiladi. Diskret tasodifiy miqdorning mumkin bo'lgan qiymatlari soni chekli yoki cheksiz bo'lishi mumkin.

20 ta talabalar ichida o'g'il bolalar soni 0,1,2,...,20 qiymatlarni qabul qilish mumkin bo'lgan tasodifiy miqdordir.

*Uzluksiz tasodifiy miqdor* deb chekli yoki cheksiz oraliqdagi barcha qiymatlarini qabul qilishi mumkin bo'lgan miqdorga aytiladi.

To'pdan otilgan snaryadning uchib o'tgan masofasi tasodifiy miqdordir. Bu miqdorning mumkin bo'lgan qiymatlari  $(a,v)$  oraliqqa tegishlidir.

*Diskret tasodifiy miqdorning matematik kutilishi* deb, uning barcha mumkin bo'lgan qiymatlarini mos ehtimollarga ko'paytmalari yig'indisiga aytiladi:

$$M(X) = x_1 p_1 + x_2 p_2 + \dots + x_n p_n = \sum_{i=1}^n x_i p_i \quad (2.1)$$

*Matematik kutilishning xossalari.*

1-xossa. O'zgarmas miqdorning matematik kutilishi shu o'zgarmasning o'ziga teng:

$$M(C) = C \quad (2.2)$$

2-xossa. O'zgarmas ko'paytuvchini matematik kutilish belgisidan tashqariga chiqarish mumkin:

$$M(CX) = CM(X) \quad (2.3)$$

3-xossa. Ikkita erkli  $X$  va  $U$  tasodifiy miqdorlar ko'paytmasining matematik kutilishi ularning matematik kutilishlari ko'paytmasiga teng:

$$M(XY) = M(X)M(Y) \quad (2.4)$$

4-xossa. Ikkita tasodifiy miqdor yig'indisining matematik kutilishi qo'shiluvchilarning matematik kutilishlar yig'indisiga teng:

$$M(X + Y) = M(X) + M(Y) \quad (2.5)$$

$X$  tasodifiy miqdorning  $k$ - tartibli boshlang'ich momenti deb,  $X^k$  miqdorning matematik kutilishiga aytiladi:

$$\nu_k = M(X^k) \quad (2.6)$$

$X$  tasodifiy miqdorning  $k$ - tartibli markaziy momenti deb,  $(X - M(X))^k$  miqdorning matematik kutilishiga aytiladi:

## 2.4. Tasodifiy miqdorlarning xarakteristikalarini hisoblash

$$\text{Arifmetik o'rtacha: } \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (2.7)$$

*Chastota ( $m$ )* - absolyut miqdor bo'lib, har variantning to'plamda necha bor uchrashuvini ko'rsatadi.

Chastotaning nisbiy ko'rinishi *chastota ulushi* deb ataladi.

$$w_i = \frac{m_i}{\sum_{i=1}^n m_i}, \quad \sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (2.8)$$

$$\sum w_i \cdot 100 = 100\%$$

*Tanlanmaning statistik taqsimoti* deb variantalar va ularga mos chastotalar yoki nisbiy chastotalar ro'yxatiga aytiladi.

*Variatsiya chegarasi (R)* - variatsion qatorning ekstremal qiymatlari farqiga aytiladi.

$$R = X_{\max} - X_{\min} \quad (2.9)$$

*O'rtacha chiziqli farq ( $\rho$ ):*

$$\rho = \frac{\sum |X - \bar{X}|}{n} \quad (\text{torttirilmagan}), \quad (2.10)$$

$$\rho = \frac{\sum |X - \bar{X}| \cdot m}{\sum m} \quad (\text{torttirilgan}) \quad (2.11)$$

*Dispersiya ( $\sigma^2$ )* - variantlarning arifmetik o'rtachadan farqlarining o'rtacha kvadrati.

$$\sigma^2 = \frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n} \quad (\text{torttirilmagan}), \quad (2.12)$$

$$\sigma^2 = \frac{\sum (X - \bar{X})^2 \cdot m}{\sum m} \quad (\text{torttirilgan}) \quad (2.13)$$

*O'rtachakvadratikfarq ( $\sigma$ )* - belning o'zgarishini ifodalaydigan quyidagicha hisoblanadi:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n}} \quad - (\text{torttirilmagan}), \quad (2.14)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2 \cdot m}{\sum m}} \quad - (\text{torttirilgan}) \quad (2.15)$$

*Variatsiya koeffitsiyenti (V)* - nisbiy ko'rsatkich bo'lib, belning o'zgarishini ifodalaydi va protsentlarda ifodalanadi.

$V_R = \frac{R}{\bar{X}} \cdot 100\%$  - variatsiya chegarasi bo'yicha variatsiya koeffitsiyenti, *ossillyatsiya koeffitsiyenti*.

$V_\rho = \frac{\rho}{\bar{X}} \cdot 100\%$  - o'rtacha chiziq farq bo'yicha variatsiya koeffitsiyenti.

$V_\sigma = \frac{\sigma}{\bar{X}} \cdot 100\%$  - kvadrat farq bo'yicha variatsiya koeffitsiyenti.

*Moda*  $M_0$  deb eng katta chastotaga ega bo'lgan variantaga aytiladi. Masalan, ushbu

|          |   |   |    |   |
|----------|---|---|----|---|
| variant  | 1 | 4 | 7  | 9 |
| chastota | 5 | 1 | 20 | 6 |

qator uchun moda 7 ga teng.

*Mediana*  $M_e$  deb variatsion qatorni variantalar soni teng bo'lgan ikki qismga ajratadigan variantaga aytiladi. Agar variantalar soni toq, ya'ni  $n = 2k + 1$ , bo'lsa, u holda  $M_e = X_{k+1}$ ;  $n$  juft, ya'ni  $n = 2k$  da mediana:

$$M_e = \frac{X_k + X_{k+1}}{2} \quad (2.16)$$

*Normal taqsimot* deb

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}} \quad (2.17)$$

differensial funksiya bilan tavsiflanadigan uzluksiz tasodifiy miqdor taqsimotiga aytiladi ( $a$  - normal taqsimotning matematik kutilishi,  $\sigma$  - o'rtacha kvadratik chetlanishi).

Shu maqsadda maxsus xarakteristikalar, jumladan, assimetriya va eksstes tushunchalari kiritiladi.

*Nazariy taqsimot assimetriyasi* deb uchinchi tartibli markaziy momentning o'rta kvadratik chetlanish kubi nisbatiga aytiladi:

$$A_s = \frac{\mu_3}{\sigma^3} \quad (2.18)$$

*Nazariy taqsimot eksstes* deb

$$E_k = \frac{\mu_4}{\sigma^4} - 3 \quad (2.19)$$

tenglik bilan aniqladigan xarakteristikaga aytiladi.

Agar eksstes musbat bo'lsa, u holda egri chiziq normal egri chiziqqa qaraganda balandroq va «o'tkirroq» uchga ega bo'ladi, agar eksstes manfiy bo'lsa, u holda taqqoslanayotgan egri chiziq normal egri chiziqqa qaraganda pastroq va «yassiroq» uchga ega bo'ladi.

### **Nazorat savollari:**

1. Tasodifiy miqdorlarning qanday turlarini bilasiz?
2. Diskret va uzluksiz tasodifiy miqdorlarga misol keltiring?
3. Tasodifiy miqdorning asosiy statistik xarakteristikalarini qanday hisoblanadi?
4. Dispersiya nimani ko'rsatadi? Dispersiyaning formulasini yozib bering va izohlab bering
5. Ekssessning musbatligi yoki manfiyligi nimalarni bildiradi?
6. Moda va mediana nima uchun hisoblanadi? Misollar keltiring.



### III BOB. CHIZIQLI REGRESSIYAGA KIRISH

- 3.1. Iqtisodiy-ijtimoiy jarayonlarda bog‘liqliklarturlarini o‘rganish.
- 3.2. Korrelyatsiya koeffitsiyentining turlari va hisoblash usullari.
- 3.3. Chiziqli va chiziqsiz regression bog‘lanishlar.
- 3.4. Korrelyatsion-regression tahlilda eng kichik kvadratlar usulining qo‘llanilishi.

#### 3.1. Iqtisodiy-ijtimoiy jarayonlarda bog‘liqliklar turlarini o‘rganish

Ijtimoiy-iqtisodiy jarayonlar o‘rtasidagi o‘zaro bog‘lanishlarni o‘rganish ekonometrika fanining muhim vazifalaridan biridir.

Bu jarayonda ikki xil belgilar yoki ko‘rsatkichlar ishtirok etadi, biri bog‘liq bo‘lmagan o‘zgaruvchilar, ikkinchisi bog‘liq o‘zgaruvchilar hisoblanadi.

Birinchi turdagi belgilar boshqalariga ta’sir etadi, ularning o‘zgarishiga sababchi bo‘ladi. Shuning uchun ular omil belgilar deb yuritiladi, ikkinchi toifadagilar esa natijaviy belgilar deyiladi.

Masalan, iste’molchining daromadi ortib borishi natijasida uning tovar va xizmatlarga bo‘lgan talabi oshadi. Bu bog‘lanishda talabning ortishi natijaviy belgi, unga ta’sir etuvchi omil, ya’ni daromad esa omil belgidir.

Omillarning har bir qiymatiga turli sharoitlarida natijaviy belgining har xil qiymatlari mos keladigan bog‘lanish korrelyatsion bog‘lanish yoki munosabat deyiladi.

Korrelyatsion bog‘lanishning xarakterli xususiyati shundan iboratki, bunda omillarning to‘liq soni noma’lumdir. Shuning uchun bunday bog‘lanishlar to‘liqsiz hisoblanadi va ularni formulalar orqali taqriban ifodalash mumkin, xolos.

Korrelyatsiya so‘zi lotincha **correlation** so‘zidan olingan bo‘lib, o‘zaro munosabat, muvofiqlik, bog‘liqlik degan ma’noga ega.

Ikki hodisa yoki omil va natijaviy belgilar orasidagi bog‘lanish **juft korrelyatsiya** deb ataladi. Korrelyatsion bog‘lanishlarni o‘rganishda ikki toifadagi masalalar ko‘ndalang bo‘ladi. Ulardan biri o‘rganilayotgan hodisalar (belgilar) orasida qanchalik zich (ya’ni kuchli yoki kuchsiz) bog‘lanish mavjudligini baholashdan iborat. Bu

korrelyatsion tahlil deb ataluvchi usulning vazifasi hisoblanadi. Korrelyatsion tahlil deb hodisalar orasidagi bog‘lanish zichlik darajasini baholashga aytiladi.

Omillarning o‘zaro bog‘lanishi 2 turga bo‘linadi: funksional bog‘lanish va korrelyatsion bog‘lanish (4.1-rasm).

Yo‘nalishlarning o‘zgarishiga qarab, bog‘lanishlar ikki turga bo‘linadi: to‘g‘ri bog‘lanish va teskari bog‘lanishlar.

Analitik ifodalarning ko‘rinishlariga qarab ham bog‘lanishlar ikki turga bo‘linadi: to‘g‘ri chiziqli va chiziqsiz bog‘lanishlar.

Funksional bog‘lanishlarda bir o‘zgaruvchi belgining har qaysi qiymatiga boshqa o‘zgaruvchi belgining aniq bitta qiymati mos keladi.

### 3.2. Korrelyatsiya koeffitsiyentining turlari va hisoblash usullari

Korrelyatsion tahlil korrelyatsiya koeffitsiyentlarini aniqlash va ularning muhimligini, ishonchliligini baholashga asoslanadi.

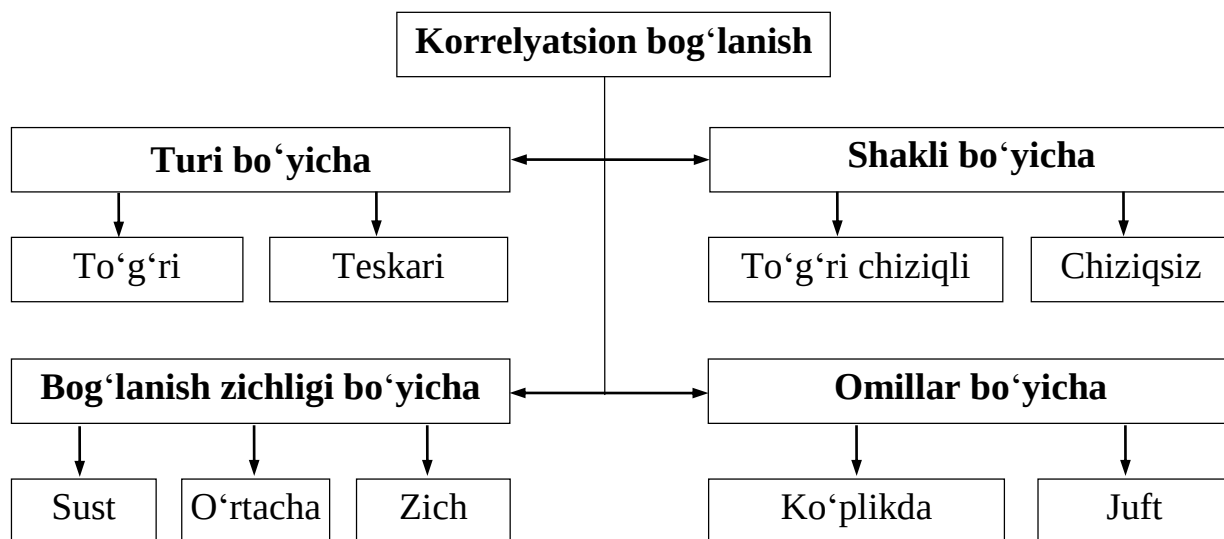
Chiziqli korrelyatsiya koeffitsiyentining hisoblash formulasi:

$$r_{y/x} = \frac{\overline{X \cdot Y} - \bar{X} \cdot \bar{Y}}{\sigma_x \cdot \sigma_y} \quad (3.1)$$

bu yerda,

$\sigma_x$  -  $X$  belgining kvadratik farqining o‘rtachasi;

$\sigma_y$  -  $Y$  belgining kvadratik farqining o‘rtachasi.



### 3.2.-rasm. Korrelyatsion bog‘lanish turlari<sup>1</sup>.

<sup>1</sup><http://institutiones.com/download/books/1798-ekonometrika-orexov-uchebnoe-posobie.html>

$$\sigma_X = \sqrt{\bar{X}^2 - (\bar{X})^2}; \quad (3.2)$$

$$\sigma_Y = \sqrt{\bar{Y}^2 - (\bar{Y})^2}. \quad (3.3)$$

Determinatsiya koeffitsiyenti korrelyatsiya koeffitsiyentining kvadratiga teng.

Korrelyatsiya koeffitsiyenti ( $r$ )  $-1$  dan  $+1$  oralig'ida bo'ladi. Agar  $r=0$  bo'lsa omillar o'rtasida bog'lanish mavjud emas,  $0 < r < 1$  bo'lsa, to'g'ri bog'lanish mavjud  $-1 < r < 0$  - teskari bog'lanish mavjud  $r = 1$  funksional bog'lanish mavjud.

Bog'lanish zichlik darajasi odatda quyidagicha talqin etiladi. Agar 0,2 gacha – kuchsiz bog'lanish;

0,2 ÷ 0,4 – o'rtacha zichlikdan kuchsizroq bog'lanish;

0,4 ÷ 0,6 – o'rtacha bog'lanish;

0,6 ÷ 0,8 – o'rtachadan zichroq bog'lanish;

0,8 ÷ 0,99 – zich bog'lanish.

Korrelyatsion tahlil o'tkazilganda quyidagi korrelyatsiya koeffitsiyentlari hisoblanadi:

1. Xususiy korrelyatsiya koeffitsiyentlari. Xususiy korrelyatsiya koeffitsiyenti asosiy va unga ta'sir etuvchi omillar o'rtasidagi bog'lanish zichligini bildiradi.

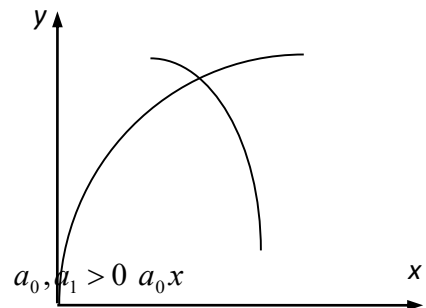
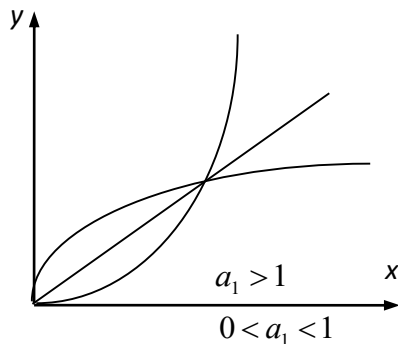
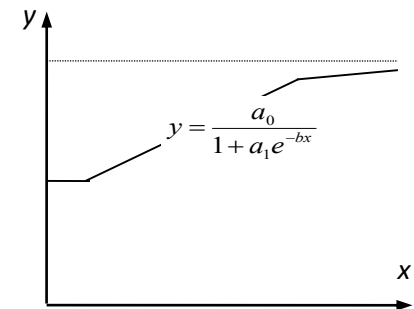
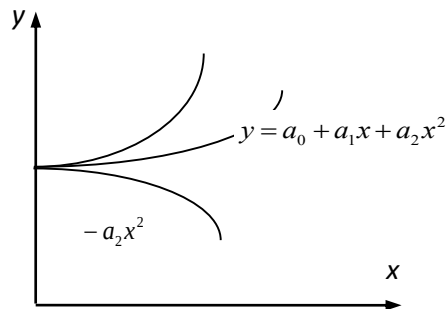
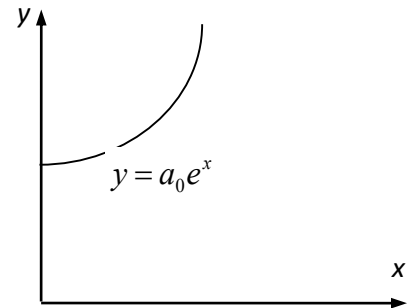
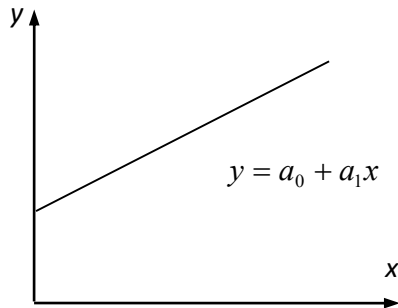
2. Juft korrelyatsiya koeffitsiyentlari asosiy omil inobatga olinmagan nuqtada hisoblanadi. Agar juft korrelyatsiya koeffitsiyenti 0,6 dan katta bo'lsa, unda omillararo bog'lanish kuchli deb hisoblanadi va erkin omillar ma'lum darajada bir-birini takrorlaydi. Agar modelda o'zaro bog'langan omillar qatnashsa, model yordamida qilingan hisoblar noto'g'ri chiqishi mumkin va omillar ta'siri ikki barovar hisoblanishi mumkin. O'zaro bog'langan ta'sir etuvchi omillardan bittasi modeldan chiqarib tashlanadi. Albatta modelda kuchliroq va mustahkamroq omil qoladi.

3. Ko'p omilli modellarda agar natijaviy omilga bir necha omillar ta'sir ko'rsatsa, unda omillar orasida ko'plikdagi korrelyatsiya koeffitsiyenti hisoblanadi.

Ijtimoiy-iqtisodiy jarayonlar o'rtasida bog'lanishlarni o'rganishda quyidagi funksiyalardan foydalaniladi

### 3.3. Chiziqli va chiziqsiz regression bog‘lanishlar

Ijtimoiy-iqtisodiy jarayonlar o‘rtasida bog‘lanishlarni o‘rganishda quyidagi funksiyalar bilan foydalaniladi.



### 3.3.-rasm.Chiziqli va chiziqsiz regression bog‘lanishlar

$$y = a_0 x^{a_1} \quad y = a_0 + a_1 \ln x$$

**Chiziqli** —

$$y = a_0 + a_1 x$$

**Ikkinchi darajali parabola** —

$$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2$$

**Uchinchi darajali parabola** —

$$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3$$

**n-darajali parabola** —

$$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \dots + a_n x^n$$

|                                 |                                   |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Giperbola</b> –              | $y = a_0 + \frac{a_1}{x}$         |
| <b>b- darajali giperbola</b> –  | $y = a_0 + \frac{a_1}{x^b}$       |
| <b>Logarifmik</b> –             | $\log y = a_0 + a_1 x$            |
| <b>Yarim logarifmik</b> –       | $y = a_0 + a_1 \ln x$             |
| <b>Ko‘rsatkichli funksiya</b> – | $y = a_0 a_1^x$                   |
| <b>Darajali funksiya</b> –      | $y = a_0 x_1^{a_1}$               |
| <b>Logistik funksiya</b> –      | $y = \frac{a_0}{1 + a_1 e^{-bx}}$ |

Bog‘lanishlar chiziqli bo‘lsa, u holda bog‘lanish zichligi baholashda korrelyatsiya koeffitsiyentidan foydalanish mumkin:

$$r = \frac{\overline{x \cdot y} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sigma_x \cdot \sigma_y}, \quad (3.4)$$

bu yerda,  $\sigma_x$  va  $\sigma_y$  mos ravishda  $x$  va  $y$  o‘zgaruvchilarning o‘rtacha kvadratik chetlanishidir va ular quyidagi formulalar yordamida hisoblanadi:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}, \quad \sigma_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n}} \quad (3.5)$$

Shuningdek, korrelyatsiya koeffitsiyentini hisoblashning quyidagi modifikatsiyalangan formulalaridan ham foydalanish mumkin:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n \cdot \sigma_x \cdot \sigma_y} \text{ yoki } r = \frac{n \sum_{i=1}^n xy - \sum_{i=1}^n x \sum_{i=1}^n y}{\sqrt{\left[ n \sum_{i=1}^n x^2 - \left( \sum_{i=1}^n x \right)^2 \right] \cdot \left[ n \sum_{i=1}^n y^2 - \left( \sum_{i=1}^n y \right)^2 \right]}} \quad (3.6)$$

Regression tahlil natijaviy belgiga ta’sir etuvchi omillarning samaradorligini aniqlab beradi.

Regressiya so‘zi lotincha **regressio** so‘zidan olingan bo‘lib, orqaga harakatlanish degan ma’noga ega. Bu atama korrelyatsion tahlil asoschilari *F. Galton* va *K. Pirson* nomlari bilan bog‘liqdir.

Regression tahlil natijaviy belgiga ta’sir etuvchi belgilarning samaradorligini amaliy jihatdan yetarli darajada aniqlik bilan baholash imkonini beradi. Regression tahlil yordamida ijtimoiy-iqtisodiy

jarayonlarning kelgusi davrlar uchun bashorat qiymatlarini baholash va ularning ehtimol chegaralarini aniqlash mumkin.

Regression va korrelyatsion tahlilda bog‘lanishning regressiya tenglamasi aniqlanadi va u ma’lum ehtimol (ishonchlilik darajasi) bilan baholanadi, so‘ngra iqtisodiy-statistik tahlil qilinadi.

### 3.4. Korrelyatsion – regression tahlilda eng kichik kvadratlar usulining qo‘llanilishi

Funksiyalar parametrlari odatda **“eng kichik kvadratlar”** usuli bilan aniqlanadi. Eng kichik kvadratlar usulini mazmuni quyidagicha: haqiqiy miqdorlarning tekislangan miqdorlardan farqining kvadratlari yig‘indisi eng kam bo‘lishi zarur:

$$S = \sum (Y - \bar{Y}_t)^2 \rightarrow \min \quad (3.7)$$

Bir omilli chiziqli bog‘lanishni olaylik:

$$Y_t = a_0 + a_1 t \quad (3.8)$$

Qiymat  $\sum (Y - \bar{Y}_t)^2$  eng kam bo‘lishi uchun birinchi darajali hosilalar nolga teng bo‘lishi kerak:

$$S = \sum (Y - \bar{Y}_t)^2 = \sum (Y - a_0 - a_1 t)^2 \rightarrow \min \quad (3.9)$$

$$\frac{\partial S}{\partial a_0} = 0 \quad \frac{\partial S}{\partial a_1} = 0 \quad \rightarrow \begin{cases} n \cdot a_0 + a_1 \sum t = \sum y \\ a_0 \sum t + a_1 \sum t^2 = \sum y \cdot t \end{cases} \quad (3.10)$$

Bu normal tenglamalar tizimi.

Regression modelning parametrlarini baholash bog‘liq o‘zgaruvchi  $Y$  ning taqsimlanish ehtimolini topishdir. Modelda  $Y_i$  normal taqsimlangan va variatsiyasi:

$$\text{var}(Y) = \sigma^2 \text{ ga teng}$$

Eng kichik kvadratlar usulida hisoblash tamoyili  $Y_i$  larning haqiqiy qiymatlarining o‘rtacha qiymatidan farqining kvadrati summasini topishdan iborat. Demak:

$$S = \sum_{i=1}^n [Y_i - E(Y_i)]^2 \quad (3.11)$$

yoki

$$S = \sum_{i=1}^n [Y_i - \alpha - \beta \cdot X_i]^2$$

bu erda, S - farqlar kvadratlari summasi.

$\alpha$  va  $\beta$ , qiymatlarini topish uchun S ning  $\alpha$  va  $\beta$  bo'yicha birinchi xosilasini topamiz:

$$\frac{\partial S}{\partial \alpha} = \sum_i \frac{\partial (Y_i - \alpha - \beta \cdot X_i)^2}{\partial \alpha} = -\sum_i 2(Y_i - \alpha - \beta \cdot X_i) = -2 \sum_i Y_i - \alpha - \beta \cdot X_i, (3.12)$$

$$\frac{\partial S}{\partial \beta} = \sum_i \frac{\partial (Y_i - \alpha - \beta \cdot X_i)^2}{\partial \beta} = -\sum_i 2(Y_i - \alpha - \beta \cdot X_i) \cdot (-X_i) = -2 \sum_i X_i (Y_i - \alpha - \beta \cdot X_i)$$

Har bir xosilani nolga tenglashtirib hisoblab topilgan  $\hat{\alpha}$  va  $\hat{\beta}$  larning qiymatini hisoblaymiz.

$$\begin{aligned} -2 \sum_i (Y_i - \hat{\alpha} - \hat{\beta} \cdot X_i) &= 0 \\ -2 \sum_i X_i (Y_i - \hat{\alpha} - \hat{\beta} \cdot X_i) &= 0 \end{aligned} (3.13)$$

yoki bunga ekvivalent ravishda

$$\begin{aligned} \sum Y_i &= \hat{\alpha} \cdot n + \hat{\beta} \left( \sum X_i \right), \\ \sum X_i \cdot Y_i &= \hat{\alpha} \left( \sum X_i \right) + \hat{\beta} \left( \sum X_i^2 \right) \end{aligned} (3.14)$$

Bu tenglamalar eng kichik kvadratlar usulida normal tenglamalar deb ataladi. Bunda  $e$  eng kichik kvadratlar qoldig'i:

$$\begin{aligned} \sum e_i &= 0 \\ \sum X_i \cdot e_i &= 0 \end{aligned} (3.15)$$

tenglama  $\hat{\alpha}$  va  $\hat{\beta}$  larga nisbatan yechiladi.

$$\hat{\beta} = \frac{n \left( \sum X_i \cdot Y_i \right) - \left( \sum X_i \right) \cdot \left( \sum Y_i \right)}{n \left( \sum X_i^2 \right) - \left( \sum X_i \right)^2} (3.16)$$

Bu tenglikni boshqacha ko'rinishda ham yozish mumkin:

$$\begin{aligned}
n \cdot \sum (X_i - \bar{X}) \cdot (Y_i - \bar{Y}) &= n \cdot \sum (X_i \cdot Y_i) - n \cdot \bar{X} \cdot (\sum Y_i) - n \cdot \bar{Y} \cdot (\sum X_i) + n^2 \cdot \bar{X} \cdot \bar{Y} = \\
&= n \cdot (\sum X_i \cdot Y_i) - (\sum X_i) \cdot (\sum Y_i) - (\sum X_i) \cdot (\sum Y_i) + (\sum X_i) \cdot (\sum Y_i) = \\
&= n \cdot (\sum X_i \cdot Y_i) - (\sum X_i) \cdot (\sum Y_i)
\end{aligned}$$

Demak

$$\hat{\beta} = \frac{\sum (X_i - \bar{X}) \cdot (Y_i - \bar{Y})}{\sum (X_i - \bar{X})^2} \quad (3.17)$$

$\hat{\beta}$  larning qiymati topilgandan so'ng  $\alpha'$  larni birinchi tenglamadan topamiz. Demak,

$$\hat{\alpha} = \left(\frac{1}{n}\right) \cdot (\sum Y_i) - \hat{\beta} \cdot \left(\frac{1}{n}\right) \cdot (\sum X_i) = \bar{Y} - \hat{\beta} \cdot \bar{X} \quad (3.18)$$

Ko'p omilli holatda:  $Y = a_{0i} + a_{1i}X_i + U_i$ ,  $a_0$  va  $a_1$  koefitsiyentlarni quyidagi shartlardan kelib chiqqan holda aniqlash mumkin:

$$E(U) = 0, i \in N$$

Eng kichik kvadratlar usulini hisoblash metodikasi.

Mezon - haqiqiy miqdorlarning tekislangan miqdorlardan farqining kvadratlari yig'indisi eng kam bo'lishi zarur.

$$S = \sum (Y - \bar{Y}_t)^2 \rightarrow \min$$

Misol:  $Y_t = a_0 + a_1 t$

Qiymat  $\sum (Y - \bar{Y}_t)^2$  bo'lishi uchun birinchi darajali hosilalar nolga teng bo'lishi kerak.

$$\begin{aligned}
S &= \sum (Y - \bar{Y}_t)^2 = \sum (Y - a_0 - a_1 t)^2 \rightarrow \min \\
\frac{\partial S}{\partial a_0} &= 0 \quad \frac{\partial S}{\partial a_1} = 0 \quad \rightarrow \begin{cases} n \cdot a_0 + a_1 \sum t = \sum y \\ a_0 \sum t + a_1 \sum t^2 = \sum y \cdot t \end{cases}
\end{aligned}$$

Normal tenglamalar tizimi.

$$S = \sum (Y - \bar{Y}_t)^2.$$

Demak,

$$\begin{aligned}
\bar{Y} &= a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \dots + a_n x^n \\
\frac{\partial S}{\partial a_0} &= \sum [2(Y - a_0 - a_1 X - a_2 X^2 - \dots - a_n X^n)] \cdot (-1) = 0
\end{aligned}$$



$$\frac{\partial S}{\partial a_1} = \sum [2(Y - a_0 - a_1 X - a_2 X^2 - \dots - a_n X^n)] \cdot (-X) = 0$$

.....

$$\frac{\partial S}{\partial a_n} = \sum [2(Y - a_0 - a_1 X - a_2 X^2 - \dots - a_n X^n)] \cdot (-X^n) = 0$$

Chiziqli funksiya bo'yicha tekislanganda

$$\bar{Y} = a_0 + a_1 X$$

$$S = \sum (Y - a_0 - a_1 X)^2 \rightarrow \min$$

$$\begin{cases} \frac{\partial S}{\partial a_0} = \sum 2(Y - a_0 - a_1 X) \cdot (-1) = 0 \\ \frac{\partial S}{\partial a_1} = \sum 2(Y - a_0 - a_1 X) \cdot (-X) = 0 \end{cases},$$

bundan

$$\begin{cases} \sum y - n \cdot a_0 - a_1 \sum X = 0 \\ \sum y \cdot X - a_0 \sum X - a_1 \sum X^2 = 0 \end{cases},$$

$$\begin{cases} n \cdot a_0 + a_1 \sum X = \sum y \\ a_0 \sum X + a_1 \sum X^2 = \sum y \cdot X \end{cases}.$$

## IV BOB.CHIZIQSIZ REGRESSIYA MODELLARI

### 4.1. Egri chiziqli regressiya modellari spetsifikatsiyasi

### 4.2. Econometrik modellashtirishda “Eng kichik kvadratlar usuli”

### 4.3. Regressiyaning chiziqsiz modellarida Gauss-Markov teoremasining asosiy qoidalari

### 4.4. Chiziqsiz ko‘p omilli regression bog‘lanishlar.

### 4.1. Egri chiziqli regressiya modellari spetsifikatsiyasi

Ifodas ito‘g‘ri chiziqli (yoki chiziqli) tenglama bo‘lmagan ekonometrik model egri chiziqli (yoki chiziqsiz) deb ataladi. Xususan,  
- parabola

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2$$

yoki

$$y_x = a_0 + \sum_{i=1}^K a_i x_i + \sum_{i=1}^K b_i x_i^n, \quad n=\overline{1, \dots, s}$$

- giperbola

$$y_x = a_0 + \frac{a_1}{x},$$

yoki

$$y = a_0 + \sum_{i=1}^K \frac{a_i}{x_i};$$

- darajali

$$y_x = a_0 x^a,$$

yoki

$$y_x = a \prod_{i=1}^K x_i^{a_i}$$

va boshqa ko‘rinishlarda ifodalanadigan bog‘lanishlar egri chiziqli (yoki chiziqsiz) bog‘lanishga misol bo‘la oladi.

Xo‘jalik faoliyati ko‘rsatkichlarining dinamik (vaqtli) qatorlarining tahlili, qator darajasini uni tashkil etuvchilarga ajratish (rivojlanishning asosiy chizig‘ini – trendning mavhumiy yoki davriy tashkil qiluvchilarni, takroriy ishlab chiqarish bilan bog‘liq siklik tashkil qiluvchilarni, tasodifiy tashkil qiluvchilarni) – vaqtli omilli tahlil masalasidir.

Omilli tahlil masalalarini tavsiflash ko'pgina iqtisodiy masalalarni qo'yilishini tartibga keltiradi, ularni yechilishini umumiy qonuniyatlarini aniqlash imkoniyatlarini beradi.

Murakkab iqtisodiy jarayonlarni izlanishda agar ular ko'rsatilgan tavsifning qaysi bir turiga butunlay mos kelmasa, bunday masalani qo'yilishida turli kombinatsiyalar tuzish imkoniyati mavjud bo'ladi.

Bog'liqlik shaklini tanlash usuli ikki bosqichda bajariladi:

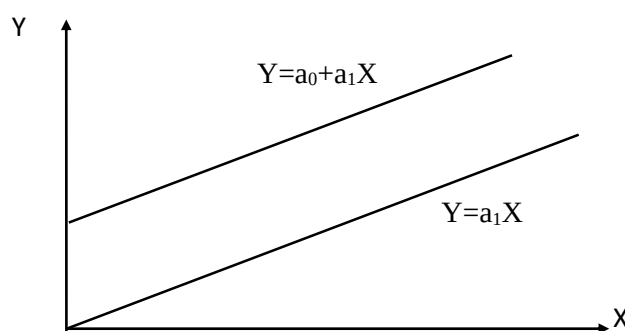
- 1) eng ma'qul bo'lgan funktsiyani tanlaymiz;
- 2) tanlangan funktsiyaning parametrlarini hisoblaymiz (4.1-rasm).

Funktsiya turi:

1) Chiziqli

$$Y = a_1 X$$

$$Y = a_0 + a_1 X$$

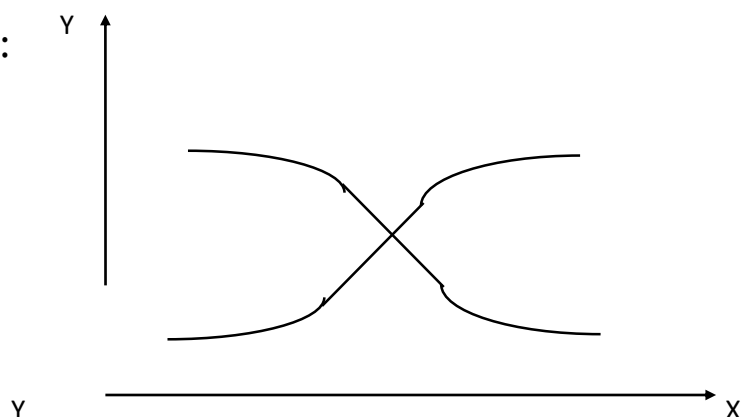


2) Ikkinchi darajali parabola:

$$Y = a_2 X^2$$

$$Y = a_2 \sqrt{X}$$

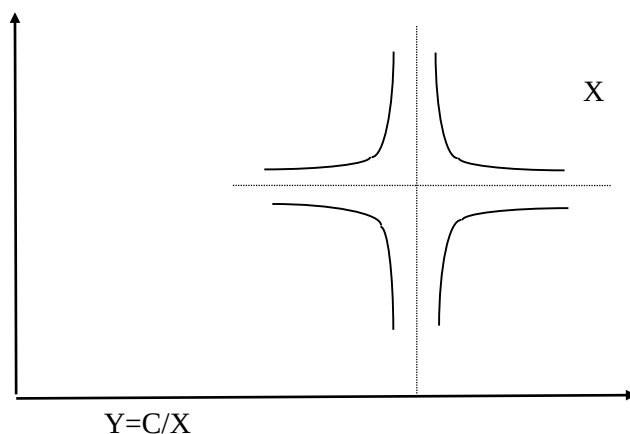
$$Y = a_0 + a_1 X + a_2 X^2 + a_3 X^3$$



3) Giperbola

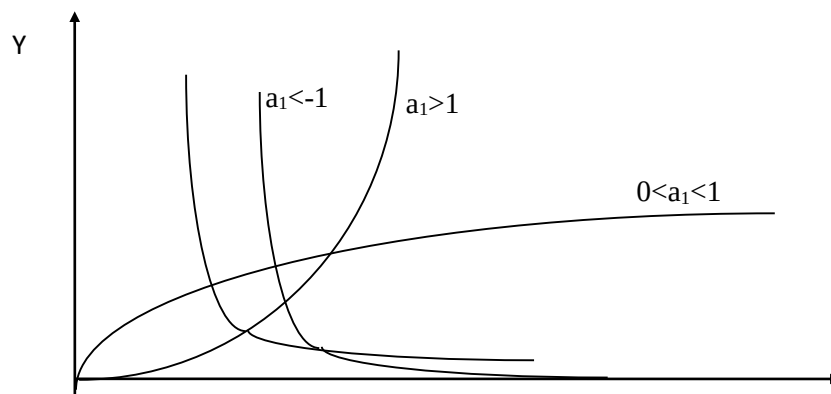
$$Y = \frac{C}{X}$$

$$Y - b = \frac{C}{X - a}$$



#### 4) Darajali funksiya

$$Y = a_0 X^{a_1}$$



**4.1-rasm. Bog‘liqlik shaklini tanlash<sup>2</sup>.**

Regression tahlil asosida tanlangan omillar asosida bog‘lanish turi aniqlanadi. Natijaviy ko‘rsatkich  $Y$  va unga ta’sir etuvchi omillar guruhi  $X_1, X_2, \dots, X_n$  bog‘lanish turini umumiy ko‘rinishini quyidagi funksiya yordamida ifodalash mumkin:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

Analitik ifodalarining ko‘rinishiga qarab bog‘lanishlar to‘g‘ri chiziqli (yoki umuman chiziqli) va egri chiziqli (yoki chiziqsiz) bo‘ladi.

Agar bog‘lanishning tenglamasida omil belgilar ( $X_1, X_2, \dots, X_K$ ) faqat birinchi daraja bilan ishtirok etib, ularning yuqori darajalari va aralash ko‘paytmalari qatnashmasa, ya’ni  $y_x = a_0 + \sum_{i=1}^K a_i X_i$  ko‘rinishda bo‘lsa, chiziqli bog‘lanish yoki to‘g‘ri chiziqli bog‘lanish deyiladi.

Ifodasi to‘g‘ri chiziqli (yoki chiziqli) tenglama bo‘lmagan bog‘lanish egri chiziqli (yoki chiziqsiz) bog‘lanish deb ataladi. Xususan,

$$y_x = a_0 + \sum_{i=1}^K a_i x_i + \sum_{i=1}^K b_i x_i^n \quad n = \overline{1 \dots s}$$

$$\text{giperbola } y = a_0 + \sum_{i=1}^K \frac{a_i}{x_i} \quad (4.1)$$

darajali  $y_x = a \prod_{i=1}^K x_i^{a_i}$  va boshqa ko‘rinishlarda ifodalanadigan bog‘lanishlar egri chiziqli (yoki chiziqsiz) bog‘lanishga misol bo‘la oladi.

<sup>2</sup> <http://univer-nn.ru/ekonometrika/parnaya-regressiya/>

## 4.2. Ekonometrik modellashtirishda “eng kichik kvadratlar usuli”

Ekonometrik modellashtirishda regressiya tenglamasining koeffitsiyentlarini eng kichik kvadratlar usuli asosida hisoblash mumkin.

Mezon: haqiqiy miqdorlarning tekislangan miqdorlardan farqining kvadratlari yig'indisi eng kam bo'lishi zarur:

$$S = \sum (Y - \bar{Y}_t)^2 \rightarrow \min \quad (4.2)$$

Misol:  $Y_t = a_0 + a_1 t$

Qiymat  $\sum (Y - \bar{Y}_t)^2$  eng kam bo'lishi uchun birinchi darajali hosilalar nolga teng bo'lishi kerak.

$$S = \sum (Y - \bar{Y}_t)^2 = \sum (Y - a_0 - a_1 t)^2 \rightarrow \min \quad (4.3)$$

$$\frac{\partial S}{\partial a_0} = 0; \quad \frac{\partial S}{\partial a_1} = 0;$$

$$\begin{cases} n \cdot a_0 + a_1 \sum t = \sum y \\ a_0 \sum t + a_1 \sum t^2 = \sum y \cdot t \end{cases} \quad (4.4)$$

Normal tenglamalar tizimi.

$$S = \sum (Y - \bar{Y}_t)^2 \rightarrow \min \quad (4.5)$$

Demak,

$$\bar{Y} = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \dots + a_n x^n \quad (4.6)$$

$$\frac{\partial S}{\partial a_0} = \sum [2(Y - a_0 - a_1 X - a_2 X^2 - \dots - a_n X^n)] \cdot (-1) = 0$$

$$\frac{\partial S}{\partial a_1} = \sum [2(Y - a_0 - a_1 X - a_2 X^2 - \dots - a_n X^n)] \cdot (-X) = 0 \quad (4.7)$$

.....

$$\frac{\partial S}{\partial a_n} = \sum [2(Y - a_0 - a_1 X - a_2 X^2 - \dots - a_n X^n)] \cdot (-X^n) = 0$$

Chiziqli funksiya bo'yicha tekislanganda

$$\begin{aligned} \bar{Y} &= a_0 + a_1 X \\ S &= \sum (Y - a_0 - a_1 X)^2 \rightarrow \min \end{aligned} \quad (4.8)$$

$$\begin{cases} \frac{\partial S}{\partial a_0} = \sum 2(Y - a_0 - a_1 X) \cdot (-1) = 0 \\ \frac{\partial S}{\partial a_1} = \sum 2(Y - a_0 - a_1 X) \cdot (-X) = 0 \end{cases} \quad (4.9)$$

Bundan,

$$\begin{cases} \sum y - n \cdot a_0 - a_1 \cdot \sum X = 0 \\ \sum y \cdot X - a_0 \cdot \sum X - a_1 \cdot \sum X^2 = 0 \end{cases} \quad (4.10)$$

$$\begin{cases} n \cdot a_0 + a_1 \cdot \sum X = \sum y \\ a_0 \cdot \sum X + a_1 \cdot \sum X^2 = \sum y \cdot X \end{cases} \quad (4.11)$$

Iqtisodiy qatorlar dinamikasi tendensiyasini aniqlash vaqtida ko‘pchilik hollarda turli darajadagi polinomlar:<sup>3</sup>

$$\hat{y}(t) = \left[ a_0 + \sum_{i=1}^k a_i t^i \right]^u \quad \begin{matrix} (i = -1, 0, 1, \dots, k) \\ (u = -1, 1) \end{matrix} \quad (4.12)$$

va eksponensial funksiyalar qo‘llaniladi:

$$\hat{y}(t) = \left[ e^{a_0 + \sum_{i=1}^k a_i t^i} \right]^u \quad \begin{matrix} (i = -1, 0, 1, \dots, k) \\ (u = -1, 1) \end{matrix} \quad (4.13)$$

Shuni qayd etib o‘tish lozimki, funksiya shakli tenglashtirilayotgan qatorlar dinamikasi xarakteriga muvofiq, shuningdek, mantiqiy asoslangan bo‘lishi lozim.

Polinomning eng yuqori darajalaridan foydalanish ko‘pchilik hollarda o‘rtacha kvadrat xatolarining kamayishiga olib keladi. Lekin bunday vaqtlarda tenglashtirish bajarilmay qoladi.

Tenglashtirish parametrlari **bevosita eng kichik kvadratlar usuli** yordamida baholanadi. Eksponensial funksiya parametrlarini baholash uchun esa boshlang‘ich qatorlar qiymatini logarifmlamoq lozim.

Normal tenglamalar tizimi quyidagicha bo‘ladi:

a)  $k$  tartibli polinom uchun:

---

<sup>3</sup>Gujarati D.N. Basic Econometrics. McGraw-Hill, 4<sup>th</sup> edition, 2003 (Gu), Inc. p. 233

(4.14)

b)eksponensial funksiya uchun:

(4.15)

Agar tendensiya ko'rsatkichli funksiyaga ega bo'lsa, ya'ni

(4.16)

bo'lsa, ushbu funksiyani logarifmlab, parametrlarini eng kichik kvadratlar usuli yordamida aniqlash mumkin. Ushbu funksiya uchun normal tenglamalar sisemasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

(4.17)

### 4.3. Regressiyaning chiziqsiz modellarida Gauss-Markov teoremasining asosiy qoidalari

Stoxastik tahlil bilvosita aloqalarni o'rganishga yo'naltirilgan, ya'ni ta'siri to'g'ri bo'lmagan, boshqalar orqali ta'sir etadigan (uzluksiz zanjir bo'yicha to'g'ri aloqalarni aniqlash imkoni bo'lmaganida) omillarni aniqlashga qaratilgan.

Bundan determinallashgan va stoxastik tahlil o'rtasidagi munosabat (nisbat) haqida muhim xulosa kelib chiqadi: to'g'ri bog'lanishlarni birinchi navbatda o'rganish kerakligi uchun, stoxastik tahlil yordamchi xarakter kasb etadi.

Stoxastik tahlil omillar bo'yicha determinallashgan model tuzib bo'lmaganida, ularni chuqur determinallashgan tahlilni o'rganish quroli sifatida foydalaniladi.

Xo‘jalik faoliyatining ba’zi bir tomonlarini o‘zaro bog‘lanishlarini omilli tahlilining stoxastik modellashirish xo‘jalik faoliyati omillari va natijalarining miqdoriy xarakteristikalarini - iqtisodiy ko‘rsatkichlarning qiymatlarini tebranish qonuniyatlarini umumlashirishga tayanadi.

Bogʻlanishlarning miqdoriy parametrlari xoʻjalik obyektlari toʻplami yoki davrlarida oʻrganilayotgan koʻrsatkichlarning qiymatlarini qiyoslash (solishtirish) asosida aniqlanadi. Shunday qilib, stoxastik modellashtirishning birinchi asosi boʻlib, kuzatishlar toʻplamini tashkil eta olish, yaʼni bir hodisa parametrini turli sharoitlarda qaytadan oʻlchash imkoniyatlari hisoblanadi.

Determinallashtirish omilli tahlilda oʻrganilayotgan obyektning modeli xoʻjalik obyektlari va davrlari boʻyicha oʻzgarmaydi (chunki, mos keluvchi asosiy kategoriyalarning nisbati barqarordir).

Alohida xoʻjaliklar yoki bir xoʻjalikni turli, alohida davrlardagi faoliyatlari natijalarini qiyoslash zaruriyati tugʻilganida model asosida aniqlangan miqdoriy analitik natijalarni qiyoslash haqida savol tugʻilishi mumkin.

Stoxastik tahlilda modelning oʻzi empirik maʼlumotlar toʻplami asosida tuzilgani uchun, haqiqiy modelni hosil qilishning asosi boʻlib barcha dastlabki kuzatishlar boʻyicha bogʻlanishlarning miqdoriy xarakteristikalarini mos kelishi hisoblanadi. Bundan kelib chiqadiki, koʻrsatkichlarning qiymatini oʻzgarishi hodisalarni bir xildagi aniqlik chegarasida amalga oshishi kerak, ularning xarakteristikalari boʻlib, modellashtirilayotgan iqtisodiy koʻrsatkichlar hisoblanadi (oʻzgarish chegarasida ifodalanayotgan hodisaning xarakterida sifatning keskin oʻzgarishi (sakrash) roʻy bermasligi kerak).

Shunday ekan, bogʻlanishlarni modellashtirishda stoxastik yondashishning qoʻllanishini ikkinchi asosi boʻlib, toʻplamni sifatli, bir jinsliligi hisoblanadi.

Iqtisodiy koʻrsatkichlarning oʻrganilayotgan qonuniyatlari (modellashtirilayotgan bogʻlanish) yashirin tarzda namoyon boʻladi. Oʻrganish, izlanish nuqtai nazardan bu koʻrsatkichning tasodifiy oʻzgarishi va kovariatsiya komponentalari bilan aralashib ketadi.

Katta sonlar qonuni boʻyicha faqat katta toʻplamda bogʻlanish qonuniyatlari oʻzgarish yoʻnalishlariga tasodifiy mos kelishidan kuchliroq namoyon boʻladi (tasodifiy kovariatsiya). Bundan statistik tahlilning uchinchi asosi kelib chiqadi – oʻrganilayotgan qonuniyatlarni (modellashtirilayotgan bogʻlanishlarni) yetarli ishonchlilik va aniqlikda aniqlash uchun kuzatishlar toʻplami yetarli darajada (miqdorda) boʻlishi kerak.



Modelni ishonchli aniqlik darajasi modelni ishlab chiqarish xo‘jalik faoliyatini boshqarishdagi amaliy maqsadlarda foydalanish mumkinligi bilan aniqlanadi.

Stoxastik tahlil yondashishining to‘rtinchi asosi – iqtisodiy ko‘rsatkichlarning bog‘lanishlarini miqdoriy parametrlarini ko‘rsatkich darajasini tebranishini ommaviy ma’lumotlaridan aniqlash imkonini beruvchi usullarning mavjudligi.

Qo‘llanilayotgan usullarning matematik apparati ba’zida modellashtirilayotgan empirik ma’lumotlarga o‘ziga xos bo‘lgan talablarni qo‘yadi. Ushbu talablarni bajarish usullarini qo‘llash va olingan natijalarni ishonchli bo‘lishi uchun ahamiyatli asos hisoblanadi.

Stoxastik omilli tahlilning asosiy xususiyati shundan iboratki, stoxastik tahlilda modelni sifatli (nazariy) tahlil yo‘li bilan tuzib bo‘lmaydi, buning uchun empirik ma’lumotlarning miqdoriy tahlili zarur bo‘ladi.

Regression stoxastik (chiziqsiz) modellashtirishni misollari. Ekonometrik izlanishlarda hodisa va jarayonlarni stoxastik modellashtirishning quyidagi matematik-statistika usullarini qo‘llash topilgan: ko‘rsatkichlar o‘rtasidagi bog‘lanishlar va korrelyatsiyani baholash; bog‘lanishlarni statistik mohiyatliligini baholash; regressiya tahlili; iqtisodiy ko‘rsatkichlarning davriy tebranishi parametrlarini aniqlash; ko‘p o‘lchamli kuzatishlarni guruhlash; dispersiya tahlili; zamonaviy omilli (komponent) tahlili; transformatsiya tahlili.

Korxonalarining xo‘jalik faoliyatini tahlil qilish uslubiyatiga matematik-statistika usullarini kiritish zaruriyati ushbu usullar yordamida yechilayotgan miqdoriy (statistik) masalalarning mohiyatidan kelib chiqadi.

Iqtisodiy tahlilda eng ko‘p, o‘ziga xos bo‘lgan quyidagi masalalar sinfini ajratish mumkin:

- iqtisodiy ko‘rsatkichlarning bog‘lanishini mavjudligi, yo‘nalishi va intensivligini o‘rganish;
- iqtisodiy hodisalar omillarini ajratish va tavsiflash;
- ko‘rsatkichlar o‘rtasidagi bog‘lanishlarning analitik formasini aniqlash;
- ko‘rsatkichlar darajasini o‘zgarish dinamikasini tekislash (trendni aniqlash);

- ko‘rsatkichlarning darajasini davriy tebranish qonuniyatlarini parametrlarini aniqlash;
- xo‘jaliklarni (korxona va bo‘limlari) ajratish va tavsiflash;
- iqtisodiy hodisalarning o‘lchamini (murakkabligi) o‘rganish;
- eng ko‘p ma’lumotli (umumlashtiruvchi) sintetik ko‘rsatkichlarni aniqlash;
- iqtisodiy ko‘rsatkichlar tizimi ichki tarkibidagi bog‘lanishlarni o‘rganish;
- turli to‘plamlardagi bog‘lanishlar tarkibini solishtirish.

Regressiyaning chiziqsiz modellari quyida keltirilgan:

2-darajali parabola  $y = a_0 + a_1x + a_2x^2;$

3-darajali parabola  $y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3;$

$n$ -darajali parabola  $y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n;$

2-darajali giperbola  $y = a_0 + \frac{a_1}{x};$

$b$ -darajali giperbola  $y = a_0 + \frac{a}{x^b};$

logarifmik  $\log y = a_0 + a_1x;$

yarim logarifmik  $y = a_0 + a_1 \ln x;$

ko‘rsatkichli funksiya  $y = a_0 \cdot a_1^x;$

darajali funksiya  $y = a_0 \cdot x_1^{a_1};$

logistik funksiya  $y = \frac{a_0}{1 + a_1 e^{-bx}}.$

Funksiyalar parametri odatda eng kichik kvadratlar usuli bilan aniqlanadi.

Logistik funksiya  $y$  ni qiymati oldin  $x$  ning tekis o‘zgarishda tezlatilgan sur‘atda orta boradi.

#### 4.4. Chiziqsiz ko‘p omilli regression bog‘lanishlar

1. Natijaviy belgi bilan omil belgisining teskari darajasi o‘rtasidagi egri chiziqli korrelyatsion bog‘lanishni giperbola ko‘rinishida ifodalash mumkin:

$$\hat{y}_x = a_0 + \frac{a_1}{x}.$$

Agar regressiya koeffitsiyenti  $a_1$  musbat ishoraga ega bo‘lsa, omil belgi  $x$  qiymatlari oshgan sari natijaviy belgi kichiklasha boradi va

shunisi e'tiborliki, kamayish sur'ati doimo sekinlashadi va  $x \rightarrow \infty$  cheksizlikka intilganda natijaviy belgi o'rtacha qiymati  $a_0$  ga teng bo'ladi, ya'ni  $\hat{y}_x = a_0$ . Agar regressiya koeffitsiyenti  $a_1$  manfiy ishoraga ega bo'lsa, omil qiymati oshishi bilan natijaviy belgi qiymatlari kattalashadi, ammo o'sish sur'ati sekinlasha boradi va  $x \rightarrow \infty$ .

Giperbola regressiya tenglamasi  $\hat{y}_x = a_0 + \frac{a_1}{x}$  dagi  $\frac{1}{x}$  ni  $z$  bilan almashtirib, uni to'g'ri chiziqli ko'rinishga keltirish mumkin.

Ikkinchi tartibli parabola shaklidagi regressiya tenglama quyidagi ko'rinishga ega

$$\hat{Y}_x = a + b_1x + b_2x^2.$$

Agar to'g'ri chiziqli bog'lanishda omil o'zgaruvchanligi ko'lami chegarasida uning bir birligiga nisbatan natijaviy belgi o'rtacha o'zgarishi deyarli o'zgarish miqdori bo'lsa, parabola korrelyatsiyada esa  $Y$  - belgi bir birligiga nisbatan  $x$  belgi o'zgarishi omil qiymati o'zgarishi bilan bir me'yorda o'zgaradi. Oqibatda bog'lanish hatto o'z ishorasini qarama-qarshisiga almashtirib, to'g'ri bog'lanishdan teskari yoki teskaridan to'g'riga aylanishi mumkin. Bunday xususiyat ko'pchilik tizimlarga xosdir.

Ikkinchi tartibli parabola uchun, kichik kvadratlar usuliga binoan, normal tenglamalar tizimi quyidagicha:

$$\begin{cases} na + b_1\sum x + b_2\sum x^2 = \sum y, \\ a\sum x + b_1\sum x^2 + b_2\sum x^3 = \sum yx, \\ a\sum x^2 + b_1\sum x^3 + b_2\sum x^4 = \sum yx^2. \end{cases}$$

### Nazorat savollari:

1. "Ekonometrika-2" fanida statistik usullar qachon qo'llaniladi?
2. Korrelyatsiya tahlilining mohiyati nimadan iborat?
3. Regressiya tahlilining mazmunini tushuntirib bering.
4. Dispersiya tahlili nimaga asoslanadi?
5. Omilli tahlil qachon qo'llaniladi?
6. Statistik modellashtirish usulining mohiyatini tushuntirib bering.
7. Bog'lanish zichligi deganda nimani tushunasiz?
8. Bog'liq va bog'liq bo'lmagan o'zgaruvchi deb nimaga aytiladi?
9. Ko'plik korrelyatsiyasi nimani bildiradi?
10. Analitik forma nimani bildiradi?

## V BOB. FIKTIV O'ZGARUVCHILAR

### 5.1. Fiktiv (sifatli) o'zgaruvchilardan foydalanish zarurligi

Shu paytgacha ko'rib chiqilgan modellarning barchasida ta'sir etuvchi omillar miqdoriy o'zgaruvchilar (mehnat unumdorligi, mahsulot tannarxi, aholi daromadi va h.k.) edi. Amaliyotda ko'p hollarda ikki yoki bir necha darajaga ega bo'lgan sifatli belgilarning ta'sirini tadqiq qilish zarurligi paydo bo'ladi. Bunday belgilarga quyidagilarni kiritish mumkin: insonning jinsi (erkak, ayol), ma'lumoti (boshlang'ich, o'rta, oliy), mavsumiylik omili (qish, bahor, yoz, kuz) va h.k.

Sifatli belgilar chiziqli bog'liqliklarning strukturasiga yetarlicha kuchli ta'sir ko'rsatishlari va regressiya modeli parametrlarini kuchli sakrash-simon o'zgarishga olib kelishi mumkin. Bu holda regressiya tenglamalarini tadqiq qilishda o'zgaruvchan tarkibli yoki regression modellarni bir jinsli bo'lmagan ma'lumotlar bo'yicha tuzilgan deyiladi.

Masalan, ish haqi o'lchami  $y$  ning nafaqat miqdoriy  $x_1, x_2, \dots, x_p$  omillardan, balki sifatli belgi  $z_1$  ning (masalan, insonning jinsi) ta'sirining bog'liqligini o'rganish zarur bo'lsin. Regressiya modelining

$$y = \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p + \varepsilon$$

quyidagi bahosini har bir sifatli belgi uchun olish, keyin esa ular o'rtasidagi farqlarni o'rganish mumkin.

Boshqa yondashishda bitta regressiya tenglamasi bo'yicha ham miqdoriy, ham sifatli belgilarning ta'sirini baholashga imkon beradi. U fiktiv o'zgaruvchilarni (strukturali o'zgaruvchilarni) kiritish bilan bog'liq. Fiktiv o'zgaruvchilar sifatida odatda faqat "0" va "1" qiymatlarni qabul qiluvchi bu o'zgaruvchilaridan foydalaniladi.

Bu holda ish haqining dastlabki regressiya modeli quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$y = \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p + \alpha_1 z_1 + \varepsilon,$$

bu yerda

$$z_1 = \begin{cases} 1, \text{erkak,} \\ 0, \text{ayol.} \end{cases}$$

Shunday qilib, ushbu modelni qabul qilib, erkaklarning ish haqi ayollarning ish haqidan  $\alpha_1 \cdot 1 = \alpha_1$  birlikka yuqori ekanligini aniqlash mumkin.

Gipotezani tekshirish.

$H_0: \alpha_1 = 0$  “jins” omili ish haqi o‘lchamiga muhim ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Shuni qayd qilish kerakki, sifatli farqlarni nafaqat “0” yoki “1” qiymatlarni berish orqali emas, balki istalgan boshqa o‘zgaruvchilar bilan shakllantirish mumkin.

Biroq, ekonometrika amaliyotida har doim “0-1” ko‘rinishidagi fiktiv o‘zgaruvchilardan foydalaniladi, chunki olingan natijalarning talqini eng sodda ifodalanadi. Agar sifatli belgi  $k$  darajalarga ega bo‘lsa, u holda  $k$  qiymat qabul qiluvchi diskret o‘zgaruvchi kiritish mumkin. Ammo, bu yerda natijalarning ma’no jihatidan talqinida qiyinchiliklar vujudga kelishi sababli bunday qilinmaydi, oddiygina  $(k-1)$  binar o‘zgaruvchi kiritiladi. Masalan, modelga ma’lumot omilini hisobga olish uchun  $k=3-1=2$  ni,  $z_{21}$  va  $z_{22}$  binar o‘zgaruvchilarni kiritish mumkin:

$$y = \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p + \alpha_1 z_1 + \alpha_{21} z_{21} + \alpha_{22} z_{22} + \varepsilon,$$

bu yerda

$$z_{21} = \begin{cases} 1, & \text{agar oliy ma'lumotli bo'lsa;} \\ 0, & \text{agar barcha boshqa holatlarda.} \end{cases}$$
$$z_{22} = \begin{cases} 1, & \text{agar o'rta ma'lumotli bo'lsa;} \\ 0, & \text{agar barcha boshqa holatlarda.} \end{cases}$$

Bunda uchinchi o‘zgaruvchi talab etilmaydi, chunki ishlovchi boshlang‘ich ma’lumotga ega: u holda  $z_{21} = z_{22} = 0$ . Bundan tashqari,  $z_{23}$  ni kiritish mumkin emas, chunki istalgan ishlovchi uchun  $z_{21} + z_{22} + z_{23} = 1$  va  $X$  matritsada ustun hosil bo‘lsin (ya’ni, bunday ikkita ustun mavjud). Va  $XTX$  xos matritsa bo‘lsin, bundan shu kelib chiqadiki, koeffitsiyentlarning baholarini olish mumkin emas. Bunday holat “tuzoq” nomini olgan. Bunday holatdan qochish uchun modelga kiritiladigan binar o‘zgaruvchilarining soni sifatli belgilar darajasidan bittaga kam bo‘lishi kerak.

“Fiktiv” o‘zgaruvchi nomi unchalik qulay emas, chunki regression tahlilning barcha protseduralari (model parametrlarini baholash, koeffitsiyentlar ahamiyatligini tekshirish va h.k.) fiktiv o‘zgaruvchilar uchun xuddi miqdoriy o‘zgaruvchilar uchun o‘tkazilganidek bir xil o‘tkaziladi. “Fiktivlik” atamasi faqatgina sifatli belgilarni miqdoriy jihatdan ifodalanganligi uchun qoldirilgan.

## 5.2. Fiktiv bog‘liq o‘zgaruvchi

Ba’zi hollarda bog‘liq o‘zgaruvchi xatti-harakatini tushuntirish uchun fiktiv o‘zgaruvchilardan foydalanish mumkin bo‘ladi. Masalan, agar daromadga, jinsga nisbatan avtomobil mavjudligi bo‘yicha bog‘liqlik tadqiq qilinayotgan bo‘lsa, u holda bog‘liq o‘zgaruvchi ikkita mumkin bo‘lgan qiymatga ega bo‘ladi: 0 – mashina mavjud emas va 1 – mashina mavjud.

Agar bunday turdagi modellar uchun oddiy EKKU dan foydalanilsa, u holda olingan baholar eng yaxshi chiziqli qo‘zg‘almas baholar xususiyatiga ega bo‘lmaydilar. Koeffitsiyentlarni aniqlash uchun boshqa usullardan foydalaniladi (masalan, vaznli EKKU).

### *LPM* modeli.

Fiktiv o‘zgaruvchi - bog‘liq o‘zgaruvchi bo‘lgan modelni ko‘rib chiqamiz. Ta’sir etuvchi o‘zgaruvchilar sifatli va miqdoriy bo‘lishlari mumkin. Masalan, shaxsning yoshi, ma’lumoti, oilaviy holati, oilaning boshqa a’zolarining daromadi va h.k. omillar bilan uning ishi mavjudligi bo‘yicha bog‘liqlikni tahlil qilish. Yoki savdo balansini tadqiq qilish (salbiy yoki ijobiy).

Quyidagi tenglama berilgan bo‘lsin:

$$y = \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_m x_m + \gamma_1 D_1 + \dots + \gamma_k D_k + \varepsilon, \quad (*)$$

bu yerda  $y$  - birinchi urinishdan DAN ga imtihon topshirish natijasi,  $x_1$  - avtomaktabda avtomobil haydash soatlari miqdori,  $x_2$  - birinchi urinishdan imtihon topshiruvchi bitiruvchilarning o‘rtacha foizi,  $D_1$  - o‘qitishda kompyuter metodikasidan foydalanish:

$$y = \begin{cases} 0, & \text{imtihonni topshira olmadi;} \\ 1, & \text{birinchi urinishda topshirdi.} \end{cases}$$
$$D_1 = \begin{cases} 0, & \text{o‘qitishda kompyuter metodikasidan foydalanilmaydi;} \\ 1, & \text{o‘qitishda kompyuter metodikasidan foydalaniladi.} \end{cases}$$

$$0 \leq x_1 \leq 50; \quad 0 \leq x_2 \leq 100.$$

Quyidagi modelni olamiz:

$$y = \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \gamma_1 D_1 + \varepsilon$$

Bunday ko‘rinishdagi modellar chiziqli ehtimolli modellar (*LPM – linear probability models*) deb ataladi. Bunday modellarni baholashda EKKUdan foydalanish, ayrim cheklanishlarga ega:

1. Bunday modellarda tasodifiy chetlanishlar  $\varepsilon$  normal tasodifiy miqdorlar hisoblanmaydi. Katta ehtimollik bilan ular binomial

taqsimotga ega ( $n \rightarrow \infty$  ular normal taqsimotga yaqinlashadi).

2. Tasodifiy chetlanishlar dispersiyalarning doimiylik xususiyatiga ega emaslar (gomoskedastlik).

3. (\*) modeldan foydalanish shunga olib keladiki, ayrim  $y_i$  lar noldan kichik yoki 1 dan katta bo'ladilar.

4. *LPM* modelini qo'llash mohiyat nuqtai nazaridan ham murakkabdir ( $x$  ning bir birlikka ortishi,  $x$  ning aniq qiymatiga bog'liq bo'lmasdan,  $y$  ni  $\beta$  miqdorga o'zgarishiga olib keladi va h.k.).

Shuning uchun *LPM* -modellarida EKKUdan bevosita foydalanish jiddiy xatoliklarga va asoslanmagan xulosalar chiqarishga olib keladi va undan foydalanish tavsiya etilmaydi.

*Misol.* Hajmi 40 ta oiladan iborat bo'lgan tanlamada oilaning yalpi daromadiga  $x$  bog'liq ravishda uning o'z uyi  $Y$  mavjudligi bo'yicha masala tadqiq qilinmoqda.

$$y = \begin{cases} 0, & \text{uyi yo'q;} \\ 1, & \text{uyi bor.} \end{cases}$$

### **Logit modeli.**

*LPM* -modellaridagi kamchiliklarni bartaraf etish uchun shunday modellardan foydalanish kerakki, ularda hech bo'lmaganda  $0 \leq P(Y=1|x) \leq 1$  tengsizlik buzilmaydi,  $P(Y=1|x)$  va  $x$  o'rtasida bog'liqlik chiziqli bo'lmaydi hamda pasayuvchi samaradorlik qonuni amal qiladi.

Logit modelining mazmunini tushuntirib o'tamiz. *LPM* -modeli bo'yicha

$$p_i = P(Y=1|x_i) = M(Y=1|x_i) = \alpha + \beta x_i \quad \text{-(bitta o'zgaruvchi uchun)}$$

Quyidagini ko'ramiz

$$p_i = \frac{1}{1 + e^{-(\alpha + \beta x_i)}} = \frac{1}{1 + e^{-z_i}},$$

bu yerda  $z_i = \alpha + \beta x_i$ .

Bu yerda shuni qayd etish kerakki,  $-\infty < z_i < \infty$  da,  $0 < p < 1$  tengsizlik hech qachon buzilmaydi. Bunda  $p_i$  ning  $x_i$  ga bog'liqlik formulasi to'g'ri chiziqli hisoblanmaydi. Ammo,  $p_i$  koeffitsiyent  $\alpha$  va  $\beta$  parametrlar bo'yicha chiziqli funksiya hisoblanmaydi. Bu shuni bildiradiki, ular baholash uchun EKKU ni qo'llab bo'lmaydi. Ushbu muammoni quyidagicha hal qilamiz.

$$1 - p_i = \frac{1}{1 + e^{z_i}} \Rightarrow \frac{p_i}{1 - p_i} = \frac{1 + e^{z_i}}{1 + e^{-z_i}} = e^{z_i}.$$

$\frac{p_i}{1-p_i}$  nisbat ehtimollik nisbati hisoblanib,  $P(y_i=1)$  ehtimol  $P(y_i=0)$  ehtimoldan necha marta katta ekanligini xarakterlaydi.

Uni logarifmlab, quyidagini olamiz:

$$\ln \frac{p_i}{1-p_i} = z_i = \alpha + \beta x_i. \quad (**)$$

(\*\*) model logit model deyiladi, u yarim logarifmik modelni eslatadi. Ammo, uni tuzish uchun oddiy EKKUdan foydalanib bo'lmaydi, chunki  $\ln \frac{p_i}{1-p_i}$  ning qiymatlari noma'lum hisoblanadi.

Shuning uchun oldindan  $p_i$  ning qiymatlarini aniqlash zarur. Agar guruhlangan ma'lumotlar bo'yicha tanlama mavjud bo'lsa, u holda  $\hat{p}_i = \frac{n_i}{n}$  (nisbiy chastota). Guruhlanmagan ma'lumotlar bo'yicha tanlama mavjud bo'lgan holda,  $p_i$  ning qiymatlarini aniqlashda maksimal haqiqatga yaqinlik usulidan foydalaniladi. Va bu holatda ham EKKUdan foydalanish mpqsadga muvofiq emas, chunki bunda geteroskedastlik muammosi mavjud bo'ladi. Shuning uchun geteroskedastlikni bartaraf etish uchun koeffitsiyentlarni hisoblashda odatda vaznli EKKU (VEKKU) dan foydalaniladi.

Logit modelni VEKKU bo'yicha baholashda dispersiyalar chetlanishi quyidagi formula bilan baholanishini hisobga olish kerak:

$$\sigma_i^2 = \frac{1}{N_i \hat{p}_i (1 - \hat{p}_i)}; \quad \hat{p}_i = \frac{n_i}{N_i}.$$

### 5. 3. Dinamik ekonometrik modellarning umumiy xarakteristikasi

Dinamik ekonometrik modellarga (DEM) shunday modellar kiradiki, ular vaqtning hozirgi momentida unga kiradigan o'zgaruvchilarning joriy vaqt momentidagi va avvalgi vaqt momentidagi qiymatlarini hisobga oladi. Masalan, ushbu

$$\begin{cases} y_t = f(x_t, x_{t-1}), \\ y_t = f(x_t, y_{t-1}) \end{cases}$$

model dinamik ekonometrik modeldir.

Lekin,  $y_t = f(x_t)$  model dinamik ekonometrik model hisoblanmaydi.

DEMLarning ikkita asosiy turini ajratib ko'rsatish mumkin:

1. Birinchi turdagi modellarga avtoregressiya modellari va



taqsimlangan lagli modellar kiradi, chunki ularda o'zgaruvchilarning lagli qiymatlari (vaqtning avvalgi momentlariga tegishli o'zgaruvchilar) bevosita modelga kiritilgan. Avtoregressiya modellari – bu DEM bo'lib, ularda omilli o'zgaruvchilar sifatida natijaviy o'zgaruvchining lagli qiymatlari mavjud. Masalan,

$$y_t = \alpha + \beta_0 x_t + c_1 y_{t-1} + \varepsilon_t \quad - \quad AR(1) \quad - \quad \text{Markov tasodifiy jarayoni};$$

$y_t = a + \beta_0 c_1 y_{t-1} + c_2 y_{t-2} + \dots + c_p y_{t-p} + \varepsilon_t \quad - \quad AR(p) \quad - \quad p$ -tartibli avtoregression model.

Taqsimlangan lagli modellar – bu DEM, ularda omilli o'zgaruvchilarning nafaqat joriy, balki lagli qiymatlari ham mavjud. Masalan,

$$y_t = a + b_0 x_t + b_1 x_{t-1} + \dots + b_p x_{t-p} + \varepsilon_t.$$

2. Ikkinchi turdagi modellar dinamik axborotni yashirin holda hisobga oladi. Ular natijaviy belgining kutilayotgan yoki kerakli o'zgaruvchilarini yoki  $t$  vaqt momentida omillardan birini o'z ichiga oladi. Ushbu daraja noma'lum deb hisoblanadi va avvalgi  $t-1$  vaqt momentidagi axborotni hisobga olgan holda aniqlanadi. Ko'rsatkichlarning kutilayotgan qiymatlarini aniqlash usuliga bog'liq holda quyidagi modellar farqlanadi: adaptiv kutilishlar, qisman tuzatish va ratsional kutishlar. Ushbu modellar parametrlarini baholash avtoregressiya modellari parametrlarini baholash olib kelinadi.

#### **5.4. Bog'liq bo'lmagan o'zgaruvchilardagi lagli modellarni baholash.**

##### **Koyk o'zgartirishi**

Taqsimlangan lagli modellarni baholash ko'p hollarda modeldagi chekli yoki cheksiz laglarga ega ekanligiga bog'liq:

$$y_t = a + b_0 x_t + b_1 x_{t-1} + \dots + b_p x_{t-p} + \varepsilon_t,$$

$$y_t = a + b_0 x_t + b_1 x_{t-1} + b_2 x_{t-2} + \dots + \varepsilon_t.$$

Ikkita modelda ham  $b_0$  koeffitsiyentlari qisqa muddatli multiplikator deb ataladi, chunki u ushbu vaqt momentida  $x$  o'zgaruvchining bir birlikka o'zgarishi natijasida  $y$  ning o'rtacha qiymati qanchaga o'zgarishini xarakterlaydi.

Barcha koeffitsiyentlarning yig'indisini, ya'ni

$$b = \sum_{j=0}^p b_j$$

uzoq muddatli multipliktor deb atashadi, chunki u ko‘rib chiqilayotgan har bir vaqt davrida  $x$  o‘zgaruvchining bir birlikka o‘zgarishin natijasida  $y$  ning qanchaga o‘zgarishini xarakterlaydi.

Koeffitsiyentlarning har qanday yig‘indisi

$$\sum_{j=0}^n b_j, \quad h < p$$

oraliq multiplikator deb ataladi.

Cheklangan sonli lagli model ko‘plikdagi regressiya tenglamasiga keltirib baholanadi.

Quyidagi  $x_0 = x_t, x_1 = x_{t-1}, \dots, x_p = x_{t-p}$  deb faraz qilamiz va quyidagi tenglamani olamiz

$$y_t = a + b_0 x_0 + b_1 x_1 + \dots + b_p x_p + \varepsilon_t.$$

Cheksiz sondagi laglarga ega modelni baholash uchun bir qator usullar ishlab chiqilgan.

### **Koyk o‘zgartirishi.**

Koyk usuli odatda taqsimlangan lagli modellarda maksimal lag  $p$  cheksiz bo‘lganda qo‘llaniladi. Faraz qilaylik, ta’sir etuvchi omilning lagli qiymatlaridagi koeffitsiyentlar geometrik progressiya bo‘yicha kamayib bormoqda. Agar bitta ta’sir etuvchi omil mavjud bo‘lsa, u holda model quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$y_t = a + b_0 x_t + b_0 \lambda x_{t-1} + b_0 \lambda^2 x_{t-2} + \dots + \varepsilon_t,$$

bu yerda  $b_j = b_0 \lambda^j, j = \overline{0, \infty}, \lambda \in [-1; 1]$ . Modelda atigi uchta parametr:  $a_0, b_0$  va  $\lambda$ . Ularni baholash uchun oddiy EKKU dan foydalanish mumkin emas, chunki:

- 1) multikollinearlik muammosi paydo bo‘ladi;
- 2) EKKU bo‘yicha olingan baholardan  $b_0$  va  $\lambda$  ni chiqarib bo‘lmayapti (bir qiymatlilikning yo‘qligi).

$a_0, b_0$  va  $\lambda$  parametrlarni baholash uchun ikkita metoddan foydalanish mumkin: chiziqsiz EKKU va Koyk o‘zgartirishidan.

Chiziqsiz EKKU ning mohiyati.  $\lambda$  parametr (0,1) intervalda ketma-ket barcha qiymatlar taqdim etiladi (masalan, 0,01; 0,001;... qadam bilan).  $\lambda$  ning har bir qiymati uchun  $z_t = x_t + \lambda x_{t-1} + \lambda^2 x_{t-2} + \dots + \lambda^p x_{t-p}$  o‘zgaruvchi hisoblanadi va  $p$  shunday qiymati olish kerakki, natijada  $x$  ning lagli qiymatlari  $z$  ga muhim ta’sir ko‘rsatmasin.

Oddiy EKKU yordamida quyidagi  $y_t = a + b_0 z_t + \varepsilon_t$  regressiya tenglamasi baholanmoqda.  $\lambda$  ning mumkin bo'lgan barcha qiymatlaridan determinatsiya koeffitsiyenti  $R^2$  eng katta bo'lgani tanlanadi.

### Koyk usulining mohiyati.

Agar  $y_t = a + b_0 x_t + b_0 \lambda x_{t-1} + \dots + \varepsilon_t$  ifoda  $t$  davr uchun bajarilsa, u holda u  $(t-1)$  davr uchun ham bajarilishi kerak:

$$y_{t-1} = a + b_0 x_{t-1} + b_0 \lambda x_{t-2} + b_0 \lambda^2 x_{t-3} + \dots + \varepsilon_t \times \lambda$$

va avvalgi tenglamadan ayrib quyidagini olamiz:

$$y_t - \lambda y_{t-1} = a(1 - \lambda) + b_0 x_t + \varepsilon_t - \lambda \varepsilon_{t-1}$$

yoki

$$y_t = a(1 - \lambda) + b_0 x_t + \lambda y_{t-1} + \varepsilon_t - \lambda \varepsilon_{t-1}.$$

Olingan model avtoregressiya modellariga kiradi. Ushbu forma modelning qisqa muddatli va uzoq muddatli dinamik xususiyatlarini tahlil qilishga imkon beradi.

Qisqa muddatli davrda (joriy davrda)  $y_{t-1}$  ning qiymatini doimiy deb qarash kerak.  $x$  ning  $y$  ga ta'sirini  $b_0$  koeffitsiyent xarakterlaydi.

Uzoq muddatli davrda ( $\varepsilon_t$  ni hisobga olmaganda) agar  $x_t$  qandaydir  $\bar{x}^*$  muvozanat qiymatga intilsa, u holda  $y_t$  va  $y_{t-1}$  lar ham  $y^* = a(1 - \lambda) + b_0 x^* + \lambda y^*$  day aniqlanadigan hamda undan  $y^* = a + \frac{b_0}{1 - \lambda} \cdot x^*$  hisoblanadigan muvozanat daraja  $\bar{y}^*$  ga intiladi.

Shunday qilib,  $x$  ning  $y$  ga uzoq muddatli ta'siri  $\frac{b_0}{1 - \lambda}$  koeffitsiyenti bilan ifodalanadi. Agar  $\lambda \in [0; 1]$  bo'lsa, bunda koeffitsiyent  $b_0$  dan katta, ya'ni uzoq muddatli ta'sir qisqa muddatli ta'sirdan kuchliroq ta'sir etilishi ko'rsatilgan.

Koykning o'zgaritirish modeli amaliy nuqtai nazardan jozibador. Yu chunki juft regressiyani EKKU yordamida baholash  $a_0$ ,  $b_0$ , va  $\lambda$  parametrlarning baholarini olishga imkon beradi. Koyk usuli chiziqli EKKU ga nisbatan kamroq harakatlarni talab qiladi. Ammo, uning qo'llanilishi bitta muammo bilan bog'liq – EKKU shartlaridan birining bajarilishini buzilishi: ta'sir etuvchi omil  $y_{t-1}$  qisman  $\varepsilon_{t-1}$  ga bog'liq va shuning uchun bitta tasodifiy tashkil etuvchi bilan  $(-\lambda \varepsilon_{t-1})$  korrelyatsiyalangan. Natijada EKKU baholari qo'zg'aluvchan va izchil bo'lmay qoladi.

## 5.5. Avtoregression modellar: adaptiv kutish va qisman to'g'rilash modeli. Instrumental o'zgaruvchilar usuli

Quyidagi avtoregressiya modelini

$$y_t = a + b_0x_t + c_1y_{t-1} + \varepsilon_t$$

tuzishda muammo paydo bo'ladi: ya'ni tasodifiy tashkil etuvchi va belgi o'rtasida aloqa mavjud emasligi to'g'risida chiziqli regression model sharti buziladi. Avtoregressiya modelida  $y_{t-1}$  belgi  $\varepsilon_{t-1}$  bilan bog'langan. Shuning uchun regressiya tenglamasi parametrlarini aniqlash uchun oddiy EKKU ni qo'llash  $y_{t-1}$  o'zgaruvchi oldidagi parametrlarni baholashda qo'zg'aluvchan baho olishga olib keladi.

Tenglama parametrlarini baholash uchun instrumental o'zgaruvchilar usulidan foydalanish mumkin. Mazkur usulning mohiyati quyidagicha.

Tenglamaning o'ng tomonida turgan EKKU sharti buzilgan  $y_{t-1}$  o'zgaruvchi quyidagi talablarni qondiruvchi yangi o'zgaruvchi bilan almashtiriladi:

- 1) u  $y_{t-1}$  o'zgaruvchi bilan kuchli korrelyatsiyalangan bo'lishi kerak;
- 2) u  $\varepsilon_t$  - tasodifiy tashkil etuvchi bilan bog'lanmasligi (korrelyatsiyalanmasligi) kerak.

Keyin regressiya tenglamasini yangi instrumental o'zgaruvchi bilan oddiy EKKU yordamida baholanadi.

Instrumental o'zgaruvchini olishning bitta usulini ko'rib chiqamiz.  $y_t$  ning  $x_t$  ga bog'liqligidan shuni taxmin qilish mumkinki,  $y_{t-1}$  ham shuningdek,  $x_{t-1}$  ga bog'liq, ya'ni  $y_{t-1} = d_0 + d_1x_{t-1} + U_t = y'_{t-1} + U_t$ .  $y'_{t-1}$  ning bahosini oddiy EKKU bilan topish mumkin. Yangi  $y'_{t-1}$  o'zgaruvchi  $y_{t-1}$  bilan zich bog'lanmoqda va  $\varepsilon_t$  bilan bog'lanmayapti, ya'ni instrumental o'zgaruvchi bo'lib xizmat qilishi mumkin.

Natijada avtoregressiya modeli quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$y_t = a + b_0x_t + c_1y'_{t-1} + \varepsilon'_t,$$

bu yerda  $\varepsilon'_t = c_1U_t + \varepsilon_t$ .

Ushbu model parametrlarining baholari oddiy EKKU bilan topiladi. Olingan baholar avtoregressiya modelining qidirilayotgan baholari hisoblanadi.

Izoh: instrumental o'zgaruvchilar usulini amalga oshirish modeldagi

omillar o'rtasida multikolleniarlikning paydo bo'lishi bilan murakkablashadi:  $y'_{t-1}$  ning  $x_{t-1}$  bilan funksional bog'liqligi  $y'_{t-1}$  va  $x_t$  lar o'rtasida yuqori korrelyatsion bog'liqligiga olib keladi.

Ba'zi hollarda ushbu muammoni modelga  $t$  vaqt omilini kiritish orqali hal qilish mumkin.

### **Adaptiv kutishlar modeli.**

Adaptiv kutishlar modeli omilli belgi  $x_{t+1}^*$  ning kutilayotgan qiymatini hisobga oladi. Masalan, kelajakda dollar kursining kutilayotgan qiymati  $x_{t+1}^*$  joriy davrdagi investitsiyalar  $y_t$  ga ta'sir ko'rsatadi.

Umumiy holda adaptiv kutilish modelini quyidagicha yozish mumkin:

$$y_t = a + b_0 x_{t+1}^* + \varepsilon_t.$$

Modelda kutilishlarni shakllantirish mexanizmi quyidagicha:

$$x_{t+1}^* - x_t^* = \lambda(x_t - x_t^*), \quad 0 \leq \lambda \leq 1$$

yoki

$$x_{t+1}^* = \lambda x_t + (1 - \lambda) \cdot x_t^*.$$

Ya'ni,  $\lambda$  ning qiymatlari qanchalik katta bo'lsa, kutilayotgan qiymatlar shunchalik tez avvalgi real qiymatlarga moslashadi.  $\lambda$  ning qiymatlari qanchalik kichik bo'lsa, avvalgi davrning kutilayotgan qiymati  $x_t$  shunchalik  $x_{t+1}^*$  qiymatga yaqin bo'ladi. Bunda ham oddiy eng kichik kvadratlar usulidan foydalanish mumkin emas, chunki modelda faktorli o'zgaruvchining kutilayotgan qiymati turibdi. Model parametrlarini baholash uchun, model o'zgartiriladi.

Olingan model o'zgaruvchilarning faqat faktik qiymatlarini o'z ichiga oladi. Shuning uchun model parametrlarini oddiy EKKU bilan aniqlab, keyin dastlabki modelga o'tiladi.

## **5.6. ANOVA va ANCOVA modellari**

Shunday qilib, regression tahlilda faqat miqdoriy o'zgaruvchilardan tashqari faqat sifatli o'zgaruvchilarga ega yoki bir vaqtning o'zida ham miqdoriy, ham sifatli o'zgaruvchilarga ega modellar ko'rib chiqiladi. Faqat sifatli ta'sir etuvchi o'zgaruvchilarga ega bo'lgan regression modellar ANOVA-modellar (dispersion tahlil modellari) deyiladi. Masalan,  $\gamma$  - boshlang'ich ish haqi bo'lsin,

$$z_{21} = \begin{cases} 1, & \text{agar ishlovchi oliy ma'lumotga ega bo'lsa;} \\ 0, & \text{agar ishlovchi oliy ma'lumotli bo'lmasa.} \end{cases}$$

Bog'liqlikni juft regressiya modeli yordamida ham ifodalash mumkin:

$$y = a + \alpha \cdot z + \varepsilon,$$

aniqki,

$$M(Y|z=0) = a + \alpha \cdot 0 = a, \quad M(Y|z=1) = a + \alpha \cdot 1 = a + \alpha.$$

Shu bilan birga  $a$  koeffitsiyent boshqa omillar bo'lmaganda o'rtacha boshlang'ich ish haqini aniqlaydi.  $\alpha$  koeffitsiyenti boshqa omillar mavjudligida va mavjud bo'lmaganida o'rtacha boshlang'ich ish haqi qanday miqdorga farq qilishini ko'rsatadi.  $\alpha$  koeffitsiyentni  $t$ -statistika yordamida statistik ahamiyatligini tekshirib, yoki  $R^2$  determinatsiya koeffitsiyentining ahamiyatligini  $F$ -statistika yordamida tekshirish orqali oliy ma'lumot ishlovchining boshlang'ich ish haqiga ta'sir etishi yoki ta'sir etmasligini aniqlash mumkin.

Ta'sir etuvchi omillar ham miqdoriy, ham sifatli o'zgaruvchi bo'lgan modellar ANCOVA-modellar deyiladi (kovariatsion tahlil modellari).

Eng oddiy ikkita darajaga ega bitta sifatli va bitta miqdoriy o'zgaruvchili ANCOVA-modelni ko'rib chiqamiz:

$$y = a + \beta_1 x + \alpha_1 z + \varepsilon,$$

bu yerda  $y$  - firma ishlovchisi ish haqi,  $x$  - ishlovchining staji,  $z$  - ishlovchining jinsi.

$$z_{21} = \begin{cases} 1, & \text{agar erkak bo'lsa;} \\ 0, & \text{agar ayol bo'lsa.} \end{cases}$$

Ish haqining ( $y$ ) kutilayotgan qiymati mehnat staji  $x$  yil bo'lganda:

$$M(Y|x, z=0) = a + b_1 \cdot x \text{ - ayollar uchun;}$$

$$M(Y|x, z=1) = a + b_1 x + \alpha_1 = (a + \alpha_1) + b_1 x \text{ - erkaklar uchun.}$$

Ish haqi stajning chiziqli funksiyasi bo'lib, bundan tashqari erkaklar va ayollar uchun ish haqi bitta  $b_1$  koeffitsiyent bilan o'zgarmoqda. Bir-biridan faqat ozod hadlari farq qiladi.  $t$ -statistika yordamida  $a$  va  $a + \alpha_1$  koeffitsiyentlarning statistik ahamiyatligini tekshirib, firmadan jinsiy belgi bo'yicha diskriminatsiya mavjudmi yoki mavjud emasligini aniqlash mumkin.  $\alpha > 0$  bo'lganda u erkaklar foydasiga,  $\alpha < 0$  bo'lganda u ayollar foydasiga hal bo'ladi.

*Misol.* Bemorning yoshiga  $x$  bog'liq dorilarning samaradorligi  $y$

tadqiq qilinmoqda. Shu bilan birga  $a$  va  $b$  dorilarning samaradorligi taqqoslanmoqda.

Yechish. Fiktiv  $z$  o'zgaruvchi kiritiladi:

$$z_{21} = \begin{cases} 1, & \text{agar } a \text{ bo'lsa;} \\ 0, & \text{agar } b \text{ bo'lsa.} \end{cases}$$

Quyidagi uchta variantdan biri bo'lishi mumkin:  $y = \alpha + \beta x$ ,  $y = \alpha + \beta x + \gamma z$  yoki  $y = \alpha + \beta x + \gamma_1 z + \gamma_2 zx$ .

Bularning orasidan qaysi variant yaxshiroq?

Fiktiv o'zgaruvchining qiymatini teskarisiga o'zgartirish mumkin. Bundan modelning mohiyati o'zgarmaydi. Koeffitsiyentning ishorasi o'zgaradi. Sifatli o'zgaruvchi uchun qiymati  $z=0$  deb qabul qilinsa u bazaviy yoki taqqoslama deb ataladi. Bazaviy qiymatni tanlash odatda tadqiqot maqsadlaridan kelib chiqadi, ammo ixtiyoriy ham bo'lishi mumkin.

Ba'zida  $\alpha$  koeffitsiyent ozod hadning differensial koeffitsiyenti ham deb ataladi, chunki u fiktiv o'zgaruvchi 1 ga teng qiymat qabul qilganda, fiktiv o'zgaruvchining bazaviy qiymati modelning ozod hadidan, ya'ni modelning ozod hadi qanday miqdorga farq qilishini ko'rsatadi.

Ikkita ta'sir etuvchi o'zgaruvchili modelni ko'rib chiqamiz, ulardan biri – miqdoriy, ikkinchisi esa 3 ta alternativali – sifatli o'zgaruvchidir. Masalan, oilada bolani boqish bilan bog'liq xarajatlar daromadlar va bolaning yoshiga bog'liq: maktabgacha tarbiyalanuvchi, maktabdagi quyi sinf o'quvchisi va maktabdagi yuqori sinf o'quvchisi.

Model quyidagi ko'rinishga ega:

$$y = \alpha + \beta_1 x + \alpha_1 z_1 + \alpha_2 z_2 + \varepsilon,$$

bu yerda  $y$  - xarajatlar,  $x$  - daromadlar,

$$z_1 = \begin{cases} 0, & \text{maktabgacha tarbiyalanuvchi;} \\ 1, & \text{aks holda.} \end{cases}$$

$$z_2 = \begin{cases} 0, & \text{maktabgachatarbiyalanuvchiyoki quyi sinf o'quvchisi;} \\ 1, & \text{aks holda.} \end{cases}$$

Quyidagi bog'liqliklarni olamiz:

Maktabgacha tarbiyalanuvchiga o'rtacha xarajat:

$$M(Y|z_1 = 0, z_2 = 0) = a + b_1 \cdot x.$$

Quyi sinf o'quvchisiga o'rtacha xarajat:

$$M(Y|z_1 = 1, z_2 = 0) = (a + \alpha_1) + b_1 x.$$

Yuqori sinf o'quvchisiga o'rtacha xarajat:

$$M(Y|z_1 = 1, z_2 = 1) = (a + \alpha_1 + \alpha_2) + b_1x.$$

$\alpha_1$  va  $\alpha_2$  - differensial ozod hadlar.  $z$  ning bazaviy qiymati bo'lib, "maktabgacha tarbiyalanuvchi" hisoblanadi. Shunday qilib, bir-biriga parallel bo'lgan uchta to'g'ri chiziqli regressiya modellari hosil bo'ladi. Agar  $\alpha_1$  va  $\alpha_2$  koeffitsiyentlar statistik ahamiyatsiz bo'lishsa, u holda bolaning yoshi uni boqish bilan bog'liq xarajatlarga unchalik katta ta'sir qilmaydi deb xulosa qilish mumkin.

Mavsumiy tebranishlarni hisobga olish uchun yuqoridagidek fiktiv o'zgaruvchilarni modelga kiritish mumkin, masalan:

$$z_1 = \begin{cases} 1, & \text{II kvartal;} \\ 0, & \text{aks holda.} \end{cases}$$

$$z_2 = \begin{cases} 1, & \text{III kvartal;} \\ 0, & \text{aks holda.} \end{cases}$$

$$z_3 = \begin{cases} 1, & \text{IV kvartal;} \\ 0, & \text{aks holda.} \end{cases}$$

## 5.7. Ikkita regressiyani taqqoslash. Chou testi

Yuqorida ko'rib chiqilgan misollarda sifatli omil qiymatining o'zgarishi, faqat ozod hadning o'zgarishiga ta'sir ko'rsatadi, deb faraz qilingan edi. Murakkab modellarda sifatli omillar o'zgaruvchilardagi parametrlarning o'ziga ta'siri ifodalanishi mumkin. Masalan, ma'lum bir davrgacha qaysidir davlatda valyutalarning almashuv kurslari fiksirlangan, keyin esa suzuvchi bo'lgan. Yoki kiritilayotgan avtomobillarga soliqlar bir xil bo'lgan, keyinchalik esa mutlaqo o'zgargan. Bog'liqlik quyidagicha ifodalanishi mumkin:

$$y = \alpha + \beta_1x + \alpha_1z_1 + \alpha_2z_1x + \varepsilon,$$

bu yerda  $z_1 = \begin{cases} 0, & \text{shartlar o'zgarishigacha;} \\ 1, & \text{shartlar o'zgargandan keyin.} \end{cases}$

U holda  $y$  ning kutilayotgan qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$M(Y|z=0) = a + b_1x \text{ va } M(Y|z=1) = (a + \alpha_1) + (b_1 + \alpha_2)x$$

Tenglamada  $z_1$  fiktiv o'zgaruvchi additiv ko'rinishda ham ( $\alpha_1 + z_1$ ), multiplikativ ko'rinishda ham ( $\alpha_2 z_1 x$ ) foydalaniladi, bu esa ko'rib chiqilayotgan bog'liqlikni sifatli omilning o'zgarish davri bilan bog'liq bo'lgan ikki qismga bo'lishga imkon beradi.

Tanlamani qismlarga bo'lish kerakmi yoki kerak emasmi degan



savolga Chou testi orqali javob olish mumkin. Masala qarama-qarshi bo'lishi mumkin: ikkita tanlamani bittaga birlashtirish va yagona modeldek ko'rib chiqish mumkinmi (sifatli omilsiz).

Chou testining mohiyati quyidagicha. Tanlama  $n$  o'lchamli hajmga ega bo'lsin va uni  $n_1$  va  $n_2$  ( $n_1 + n_2 = n$ ) hajmli ikkita tanlamaga bo'lish maqsadga muvofiq deb faraz qilishga asoslar mavjud. Umumiy regressiya va har bir kichik tanlama bo'yicha regressiya tenglamalari tuziladi. Quyidagicha belgilaymiz:

$$S_0 = \sum_{i=1}^n e_i^2, S_1 = \sum_{i=1}^{n_1} e_i^2, S_2 = \sum_{i=n_1+1}^{n_2} e_i^2.$$

Ravshanki, barcha uchta tenglamalar uchun regressiya koeffitsiyentlari bir-biriga mos kelsa  $S_0 = S_1 + S_2$  bo'lishi mumkin. Ikkita kichik tanlamalar uchun  $y$  ning xatti-harakatidagi farqlar qanchalik katta bo'lsa,  $S_0$  shunchalik  $S_1 + S_2$  dan katta bo'ladi. Unda  $S_0 - (S_1 + S_2)$  ni tanlamani bo'lishda (ajratishda) model sifatini yaxshilanishi sifatida talqin qilish mumkin bo'ladi. Shu sababli,  $(S_0 - (S_1 + S_2))/(p+1)$  kasr regressiya dispersiyasi kamayishining bahosini aniqlaydi. Tekshirish Fisher mezoni yordamida o'tkaziladi.

$$F = \frac{S_0 - S_1 - S_2}{S_1 + S_2} \cdot \frac{n - 2p - 2}{p + 1}$$

bu yerda  $n - 2p - 2$  va  $p + 1$  - tushuntirilmagan va tushuntirilgan dispersiyalarning ozodlik darajalari soni).

Agar  $F > F_{kp.}(\alpha, p+1, n-2p-2)$  bo'lsa, regressiya tenglamasini qismlarga bo'lish maqsadga muvofiq. Bu regressiya tenglamasiga mos keluvchi fiktiv o'zgaruvchini kiritish zarurligini bildiradi.

Agar  $F < F_{kp.}$  bo'lsa, u holda  $S_0$  va  $S_1 + S_2$  o'rtasida farq statistik ahamiyatli emas va regressiya tenglamasini qismlarga bo'lish maqsadga muvofiq emas.

### Nazorat savollari:

1. "Ekonometrika-2" fanida fiktiv bog'liq o'zgaruvchilar qachon qo'llaniladi?

2. Korrelyatsiya tahlilining fiktiv bog‘liq o‘zgaruvchilarining mohiyati nimadan iborat?

3. Regressiya tahlilining fiktiv o‘zgaruvchimazmunini tushuntirib bering.

4. ANOVA va ANCOVA modellari nimaga asoslanadi?

5. Adaptiv kutishlar modeli qachon qo‘llaniladi?

6. Statistik modellashtirish usulining mohiyatini tushuntirib bering.

7. Bog‘lanish zichligi deganda nimani tushunasiz?

8. Bog‘liq va bog‘liq bo‘lmagan o‘zgaruvchi deb nimaga aytiladi?

9. Ko‘plik korrelyatsiyasi nimani bildiradi?

10. Chou testi nimani bildiradi?

11. Ekonometrika-2 fanining asosiy tushunchalarini ta’riflab bering.

## **VI BOB. TENGLAMALAR TIZIMI KO'RINISHIDAGI EKONOMETRIK MODEL**

**6.1.Tenglamalar tizimi ko'rinishidagi ekonometrik modellarni mohiyati.**

**6.2.Tenglamalar tizimi ko'rinishidagi ekonometrik modellarga doir misollar.**

**6.3.Tenglamalar tizimi ko'rinishidagi ekonometrik modellar turlari.**

### **6.1.Tenglamalar tizimi ko'rinishidagi ekonometrik modellarni mohiyati**

Avvalgi mazvularda biz quyidagi ko'rinishdagi ekonometrik modellarni qayd etgan edik va keltirilgan 1- va 2-turlari hamda ularning xususiyatlari bilan tanishib chiqdik.

1.  $Y = f(t)$  – vaqtli qatorlar ko'rinishidagi ekonometrik model.

2.  $Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  – ko'p omilli ekonometrik model.

3. 
$$\begin{cases} Y = f(x_1, x_2), \\ x_1 = f(L), \\ x_2 = f(I) \end{cases}$$
 – tenglamalar tizimi ko'rinishidagi ekonometrik model.

Bugungi mavzuimizning asosiy maqsadi - tenglamalar tizimi ko'rinishidagi ekonometrik modellarni tadqiq qilishdan iborat.

Ekonometrikaning tadqiqot obyektlaridan biri bo'lib, murakkab ijtimoiy-iqtisodiy tizimlar hisoblanadi.

O'zgaruvchilar o'rtasida bog'liqliklar zichligini o'lchash, bir-biridan ajratilgan regressiya tenglamalarini tuzish orqali bunday murakkab tizimlarni ifodalash va ular faoliyat ko'rsatish mexanizmini tushuntirib berish uchun yetarli emas.

Masalan, iqtisodiy hisob-kitoblar uchun ayrim regressiya tenglamalaridan foydalanishda, ko'p hollarda argumentlarni (omillar) bir-biriga bog'liq bo'lmagan holda o'zgartirish mumkin deb faraz qilinadi.

Ammo bu faraz doimo ham to'g'ri bo'lavermaydi: qoidaga ko'ra bitta o'zgaruvchining o'zgarishi, boshqa o'zgaruvchilarning o'zgarishlarisiz amalga oshmaydi. Uning o'zgarishi butun tizimdagi barcha o'zaro bog'liq belgilarning o'zgarishiga olib keladi.

Bundan shu kelib chiqadiki, alohida olingan ko'p omilli regressiya tenglamasi natijaviy o'zgaruvchi variatsiyasiga alohida olingan belgilarning haqiqiy ta'sirini xarakterlab bera olmaydi.

Aynan shuning uchun ham iqtisodiy, ijtimoiy va boshqa tadqiqotlarda o'zgaruvchilar o'rtasidagi bog'lanishlar tarkibini bir vaqtli tenglamalar yoki tarkibiy tenglamalar sifatida ifodalash masalalari muhim o'rinni egallamoqda. Masalan, agar talabning modeli tovar narxi va iste'mol qilinadigan tovarlar miqdori nisbati sifatida o'rganilayotgan bo'lsa, u holda talab hajmini prognozlash uchun bir vaqtning o'zida tovarlar taklifi modeli ham zarur bo'ladi.

Tovarlar taklifi modelida taklif qilinayotgan tovarlar miqdori va ularning narxi o'rtasidagi o'zaro bog'liqlik ham ko'rib chiqiladi. Bu esa tovarlar bo'yicha talab hajmi va taklif hajmi o'rtasida muvozanatga erishishga imkon beradi.

Boshqa misol keltiramiz. Ishlab chiqarish samaradorligini baholashda faqatgina rentabellik modeli bilan xulosa chiqarish mumkin emas.

Ushbu jarayonda mehnat unumdorligi modeli, shuningdek, mahsulotning bir-birligi tannarxi modeli bilan to'ldirilishi lozim.

Mikrodarajadagi tadqiqotlardan makrodarajadagi hisob-kitoblarga o'tishda o'zaro bog'liq tenglamalar tizimidan foydalanishga bo'lgan ehtiyoj darajasi yanada ortib boradi.

Milliy iqtisodiyot modeli o'z ichiga quyidagi tenglamalar tizimini oladi: iste'mol, investitsiyalar, ish haqi funksiyalari hamda daromadlar tengsizligi va h.k. Bu shu bilan bog'liqki, makroiqtisodiy ko'rsatkichlar iqtisodiyot holatining umumlashtiruvchi ko'rsatkichlari bo'lib, ko'p hollarda bir-biri bilan bog'liq bo'ladi.

Masalan, iqtisodiyotda pirovard iste'molga xarajatlar yalpi milliy daromadga bog'liq bo'ladi. Shu bilan birga yalpi milliy daromad miqdori investitsiyalar funksiyasi sifatida qarab chiqiladi.

Shuning uchun ham iqtisodiy jarayonlarni tadqiq qilishda ularni ifodalash uchun faqat ayrim olingan bitta tenglama yetarli bo'lmaydi.

Bundan tashqari, ayrim o'zgaruvchilar bir-biri bilan shunchalik o'zaro bog'langanki, ulardan qaysi biri bog'liq o'zgaruvchi, qaysi biri bog'liq bo'lmagan o'zgaruvchi ekanligini aniqlash murakkab bo'ladi.

Shuning uchun ham bunday holatlarga aniqlik kiritish uchun tenglamalar tizimi ko'rinishidagi ekonometrik modellarga murojaat qilinadi.

Bundan tashqari ko‘plab iqtisodiy ko‘rsatkichlar o‘rtasida teskari bog‘lanishlar mavjud.  $y = f(x)$  ko‘rinishidagi bog‘liqlik bilan bir qatorda  $x = f(y)$  ko‘rinishidagi bog‘liqlik ham mavjud.

Ushbu holat  $x$  o‘zgaruvchi va qoldiqlar miqdori  $\varepsilon$  o‘rtasida bog‘liq bo‘lmashlik to‘g‘risidagi farazni buzilishiga olib keladi, ya’ni

$$\text{cov}(x, \varepsilon) \neq 0.$$

Ekonometrik model o‘zgaruvchilar o‘rtasida munosabatlar to‘plamini ko‘rsatadi, ushbu munosabatlar esa iqtisodiy ko‘rsatkichlar o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqliklarni ifodalaydi. Mazkur o‘zaro bog‘liqliklar stoxastik hamda deterministik xarakterga ega bo‘lishi mumkin.

Bir vaqtli tarkibiy tenglamalar tizimi qoidaga ko‘ra chiziqli munosabatlarni o‘z ichiga oladi. Nochiziqli munosabatlar odatda chiziqli tenglamalar bilan approksimatsiya qilinadi.

**1-ta’rif.** Tenglamalar tizimi ko‘rinishidagi ekonometrik model bevosita o‘zgaruvchilar o‘rtasidagi bog‘liqliklar tarkibini ifodalaydi va ekonometrik modelning tarkibiy shakli deb ataladi.

**2-ta’rif.**  $y$  o‘zgaruvchilarga nisbatan tenglamalar tizimi ko‘rinishidagi ekonometrik model – keltirilgan model yoki modelning redutsirlangan shakli deb ataladi.

Tarkibiy modelning parametrlari oldindan aniqlangan o‘zgaruvchilarning endogen o‘zgaruvchilarga to‘g‘ridan-to‘g‘ri ta’sirini baholaydi.

Redutsirlangan model parametrlari endogen o‘zgaruvchilarga to‘g‘ridan-to‘g‘ri va bilvosita ta’sirlarni baholaydi.

Redutsirlangan shakldagi tenglamalardan foydalanish uchun sabablar quyidagilar:

- Redutsirlangan shakldagi tenglamalarga bir vaqtlilik xususiyati xos emas, ushbu tenglamalarda ekzogen o‘zgaruvchilar  $x$  va qoldiqlar miqdori  $\varepsilon$  ga bog‘liq emasligi to‘g‘risidagi klassik faraz buzilmaydi. Bundan kelib chiqqan holda mazkur tenglamalar eng kichik kvadratlar usuli bilan baholanishi mumkin;

- ba’zan redutsirlangan model koeffitsiyentlaridan tarkibiy model koeffitsiyentlarini hisoblashda foydalanish mumkin. Ushbu maqsadlar uchun (juda kam holatlarda) bilvosita eng kichik kvadratlar usulidan foydalaniladi;

- redutsirlangan shakl koeffitsiyentlarini multiplikatorlar sifatida (elastiklik koeffitsiyentlari) interpretatsiya qilinishi, ulardan iqtisodiy ko'rsatkichlarni interpretatsiya qilishda foydalanishga imkon beradi;
- yana bir eng muhim sabablardan biri bo'lib, redutsirlangan shakldagi tenglamalar bir vaqtli tenglamalar parametrlarini baholashda ikki qadamli eng kichik kvadratlar usulidan foydalanish hisoblanadi.

## 6.2. Tenglamalar tizimi ko'rinishidagi ekonometrik modellarga doir misollar

Tenglamalar tizimi ko'rinishidagi ekonometrik modellarga doir bir necha misollar ko'rib chiqamiz.

**1-misol.** Ayrim bir tovarga bo'lgan talab hajmini baholash zarur bo'lsin. Ma'lumki, tovarga bo'lgan talab tovarning narxi ( $P_1$ ), boshqa tovarlar narxi ( $P_2$ ) va iste'molchi daromadiga ( $I$ ) bog'liq. Ushbu holatni hisobga olgan holda talab hajmi quyidagi funksiya ko'rinishida bo'ladi:

$$Q_d = a_0 + a_1P_1 + a_2P_2 + a_3I + \varepsilon,$$

bu yerda  $P_1$  – tovarning o'rtacha narxi,  $P_2$  – boshqa tovarlar narxi,  $I$  – daromad miqdori,  $\varepsilon$  – qoldiq miqdori.

Shu bilan birga, talab hajmi narxning funksiyasidir hamda tovar narxi talab hajmi bilan aniqlanadi. Bu yerda ko'rib chiqilayotgan tovarga bo'lgan narxni quyidagi ko'rinishda ifodalash mumkin:

$$P_1 = b_0 + b_1Q_d + b_2R + \varepsilon,$$

bu yerda  $P$  – ob-havo sharoitlari indeksi.

Ko'rib chiqilayotgan tovar narxi  $P_1$  uchun

$$P_1 = b_0 + b_1(a_0 + a_1P_1 + a_2P_2 + a_3I + \varepsilon) + b_2R + \varepsilon$$

ifoda  $\varepsilon$  qoldiq miqdorining funksiyasi hisoblanadi. Bu esa regression modellar uchun tovar narxi  $P_1$  va qoldiqlar miqdori  $\varepsilon$  ning bog'liq bo'lmasligi degan klassik farazni buzilishiga olib keladi.

**2-misol.** Pul massasi va real daromadlar darajasi o'rtasidagi bog'liqlikni ifodalovchi model quyidagi ko'rinishga ega:

$$M = b_0 + b_1I + \varepsilon,$$

bu yerda  $M$  – pul massasi,  $I$  - real daromadlar darajasi.

Real daromad darajasi ( $I$ ) pul massasi ( $M$ ), investitsiyalar ( $K$ ) va boshqa omillarning funksiyasi hisoblanadi hamda quyidagi ko'rinishga ega:

$$I = \alpha_0 + \alpha_1M + \alpha_2K + \dots + \varepsilon,$$

bu yerda  $K$  – investitsiyalar.

Ayrim o‘zgarishlarni amalga oshirib, quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$I = \alpha_0 + \alpha_1(b_0 + b_1I + \varepsilon) + \alpha_2K + \dots + \varepsilon$$

Io‘zgaruvchi qoldiqlar miqdor  $\varepsilon$  ning funksiyasi hisoblanadi va bundan quyidagi kelib chiqadi:

$$\text{cov}(I, \varepsilon) \neq 0.$$

**3-misol.** Daromadni aniqlashning Keynes modeli

$$C = \alpha_0 + \alpha_1I + \varepsilon,$$

$$0 < \alpha_1 < 1,$$

bu yerda  $I$  - daromadlar miqdori.

$$I_t = C_t + K_t,$$

bu yerda  $C_t$  – iste’mol xarajatlari,  $K_t$  – investitsiyalar,  $t$  – vaqt.

$K_t$  miqdor jamg‘arma ( $S_t$ ) sifatida qaralishi mumkin

$$K_t = S_t$$

$C$  va  $I$  miqdorlar bir-biriga bog‘liq hisoblanadi, bu esa o‘z navbatida Io‘zgaruvchi hamda qoldiqlar miqdor  $\varepsilon$  o‘rtasida bog‘liqlikka olib keladi.

**4-misol.** Filipsning “ish haqi - narx” modeli.

$$\begin{cases} W_t^0 = a_0 + a_1UN_t + a_2P_t^0 + \varepsilon_{1t}, \\ P_t^0 = b_0 + b_1W_t^0 + b_2R_t^0 + b_3N_t^0 + \varepsilon_{2t}, \end{cases}$$

bu yerda  $W^0$  – ish haqining pul ko‘rinishidagi o‘zgarish me’yori,  $UN$  – ishsizlik darajasi, %,  $P^0$  – narx o‘zgarishi me’yori,  $R^0$  – kapital xarajatlari o‘zgarishi me’yori,  $M^0$  – import qilinadigan xomashyo narxlarining o‘zgarish me’yori,  $t$  – vaqt,  $\varepsilon$  – qoldiqlar miqdori.

$W^0$  va  $P^0$  o‘zgaruvchilar o‘zaro bog‘liq. Ushbu o‘zgaruvchilar  $\varepsilon$  – qoldiqlarning mos keluvchi miqdorlari bilan bog‘langan (korrelyatsiyatlangan), shuning uchun ham noma’lum parametrlarni aniqlashda eng kichik kvadratlar usulini qo‘llab bo‘lmaydi.

**5-misol.** Samuelson-Xiksning tenglamalar tizimi ko‘rinishidagi ekonometrik modeli.

$$\begin{cases} C_t = c_1Y_{t-1} + c_2Y_{t-2} + \varepsilon_{1t}, \\ I_t = b(Y_{t-1} - Y_{t-2}) + \varepsilon_{2t}, \\ G_t = gY_{t-1}, \\ Y_t = C_t + I_t + G_t. \end{cases}$$

bu yerda:  $C_t$  - iste'mol,  $I_t$  - investitsiyalar,  $Y_t$  - milliy daromad,  $G_t$  - davlat xarajatlari,  $t$  - joriy vaqt,  $c_1$  -  $t-1$  intervalda iste'molga bo'lgan chekli moyillik,  $c_2$  -  $t-2$  intervalda iste'molga bo'lgan chekli moyillik,  $b$  - akseleratsiya koeffitsiyenti,  $g$  - davlat xarajatlari koeffitsiyenti, bular modelning tarkibiy parametrlari,  $\varepsilon_1, \varepsilon_2$  - tasodifiy ta'sirlar.

### 6.3. Tenglamalar tizimi ko‘rinishidagi ekonometrik model turlari

Ekonometrik tenglamalar tizimining quyidagi turlari ajratiladi.

| Tenglamalar tizimi ko`rinishidagi ekonometrik model quyidagi turlarga bo`linadi: |                             |                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------|
| I tur.                                                                           | II tur.                     | III tur.                                     |
| Bog`liq bo`lmagan tenglamalar tizimi                                             | Rekursiv tenglamalar tizimi | O`zarobog`liq (birvaqtli) tenglamalar tizimi |

Barcha turdagi tenglamalar tizimi ko‘rinishidagi ekonometrik model o‘z ichiga quyidagi o‘zgaruvchilarni oladi:

❖ **Endogen o'zgaruvchilar (y).** Bu bog'liq o'zgaruvchilar bo'lib, ularning soni tizimdagi tenglamalar soniga teng.

❖ **Ekzogen oʻzgaruvchilar (x).** Bu oldindan aniqlangan oʻzgaruvchilar boʻlib, endogen oʻzgaruvchilarga taʼsir etadi, ammo ulardan bogʻliq boʻlmaydi.

**I. Bog‘liq bo‘lmagan tenglamalar tizimida** har bir bog‘liq o‘zgaruvchi  $y_i$  ( $i=1,...,n$ ), bog‘liq bo‘lmagan bir xil to‘plam  $x_j$  ( $j=1,...,m$ ) o‘zgaruvchilarning funksiyasi sifatida beriladi:

[illegible]

Mazkur tizimining har bir tenglamasi mustaqil regressiya tenglamasi sifatida qaralishi mumkin. Unga ozod hadlar kiritilishi mumkin va regressiya koeffitsiyentlari eng kichik kvadratlar (EKKU) usuli yordamida topiladi.

**Misol. Turli omillar to‘plamidan iborat bog‘liq bo‘lmagan tenglamalar tizimi:**



$$\begin{cases} y_1 = f(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5), \\ y_2 = f(x_1, x_3, x_4, x_5), \\ y_3 = f(x_2, x_3, x_5), \\ y_4 = f(x_3, x_4, x_5). \end{cases}$$

**II. Rekursiv tenglamalar tizimi,** bunda bog‘liq o‘zgaruvchilar  $y_i$  ( $i=1,...,n$ ), bog‘liq bo‘lmagan o‘zgaruvchilarning  $x_j$  ( $j=1,...,m$ ) va oldindan aniqlangan bog‘liq o‘zgaruvchilarning  $y_1, y_2, ..., y_{i-1}$  funksiyasi sifatida qaraladi:

$$\begin{cases} y_1 = a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1m}x_m + \varepsilon_1, \\ y_2 = b_{21}y_1 + a_{22}x_1 + a_{23}x_2 + \dots + a_{2m}x_m + \varepsilon_2, \\ y_3 = b_{31}y_1 + b_{32}y_2 + a_{33}x_1 + a_{34}x_2 + \dots + a_{3m}x_m + \varepsilon_3, \\ \dots \\ y_n = b_{n1}y_1 + b_{n2}y_2 + b_{n3}y_3 + \dots + b_{nn-1}y_{n-1} + \\ + a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \dots + a_{nm}x_m + \varepsilon_n. \end{cases} \quad (6.2)$$

Tizimning har bir tenglamasi parametrlari, eng kichik kvadratlar usuli yordamida, birinchi tenglamadan boshlab, ketma-ket aniqlanib boriladi.

### Misol. Mehnat unumdorligi va fond qaytimi modeli:

$$\begin{cases} y_1 = a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \varepsilon_1, \\ y_2 = b_{21}y_1 + a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + \varepsilon_2. \end{cases}$$

bu yerda:  $u_1$  – mehnat unumdorligi;

$y_2$  – fond qaytımı;

$x_1$  – mehnatning fond bilan qurollanganligi;

$x_2$  – mehnatning energiya bilan qurollanganligi;

$x_3$  – ishchilar malakasi.

**III. O‘zaro bog‘liq tenglamalar tizimi,** bunda har bir bog‘liq o‘zgaruvchi  $y_i$  ( $i=1,...,n$ ) boshqa bog‘liq o‘zgaruvchilar  $y_k$  ( $k \neq i$ ) va bog‘liq bo‘lmagan o‘zgaruvchilarning  $x_j$  ( $j=1,...,m$ ) funksiyasi sifatida keltiriladi:

[illegible]

**Misol. Ish haqi va narx dinamikasi modeli:**

$$\begin{cases} y_1 = b_{12}y_2 + a_{11}x_1 + \varepsilon_1, \\ y_2 = b_{21}y_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + \varepsilon_{21} \end{cases}$$

bu yerda:  $y_1$  – oylik ish haqi o'zgarishi sur'ati;

$y_2$  – narxlar o'zgarishi sur'ati;

$x_1$  – ishsizlar darajasi;

$x_2$  – doimiy kapital o'zgarishi sur'ati;

$x_3$  – xomashyo importi narxlari o'zgarishi sur'ati.

Mikrodarajadagi tadqiqotlardan makrodarajadagi hisob-kitoblarga o'tishda o'zaro bog'liq tenglamalar tizimidan foydalanishga bo'lgan ehtiyoj darajasi yanada ortib boradi.

Milliy iqtisodiyot modeli o'z ichiga quyidagi tenglamalar tizimini oladi: iste'mol, investitsiyalar, ish haqi funksiyalari hamda daromadlar tengsizligi va h.k. Bu shu bilan bog'liqki, makroiqtisodiy ko'rsatkichlar iqtisodiyot holatining umumlashtiruvchi ko'rsatkichlari bo'lib, ko'p hollarda bir-biri bilan bog'liq bo'ladi.

Masalan, iqtisodiyotda pirovard iste'molga xarajatlar yalpi milliy daromadga bog'liq bo'ladi. Shu bilan birga yalpi milliy daromad miqdori investitsiyalar funksiyasi sifatida qarab chiqiladi.

**Nazorat savollari:**

1. Qaysi hollarda bir vaqtli ekonometrik modellar tuziladi va buning sababi nimada?

2. Nima uchun ekonometrik modellar tenglamalar tizimi ko'rinishida ifodalanadi?

3. Tenglamalar tizimini identifikatsiyalashda qanday muammolar mavjud?

4. Tenglamalar tizimida lagli o'zgaruvchilar qanday hisobga olinadi?

5. Tenglamalar tizimida endogen o'zgaruvchilar qanday tanlanadi?

6. Ekonometrik tenglamalar tizimi parametrlarini hisoblash uslubiyotini tushintirib bering. Misollar keltiring.

7. Bir vaqtli tenglamalar tizimining iqtisodiy ahamiyati nimadan iborat?

## VII BOB. GOMOSKEDATLIK VA AVTOKORRELYATSIYA: GAUSS-MARKOV TEOREMASI

### 7.1. Gauss-Markov teoremasi.

### 7.2. Umumlashtirilgan va bavoita “eng kichik kvadratlar usuli”.

### 7.3. Gomoskedatlik va geteroskedatlikni aniqlash uchun testlar.

### 7.4. Avtokorrelyatsiya va avtoregressiya tushunchasi.

### 7.5. Birinchi darajali avtoregression modellar.

Regression tahlil asosida tanlangan omillar asosida bog‘lanish turi aniqlanadi. Natijaviy ko‘rsatkich  $Y$  va unga ta‘sir etuvchi omillar guruhi  $x_1, x_2, \dots, x_n$  bog‘lanish turini umumiy ko‘rinishini quyidagi funksiya yordamida ifodalash mumkin:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

Analitik ifodalarining ko‘rinishiga qarab bog‘lanishlar to‘g‘ri chiziqli (yoki umuman chiziqli) va egri chiziqli (yoki chiziqsiz) bo‘ladi. Agar bog‘lanishning tenglamasida omil belgilar ( $X_1, X_2, \dots, X_K$ ) faqat birinchi daraja bilan ishtirok etib, ularning yuqori darajalari va aralash ko‘paytmalari qatnashmasa, ya‘ni  $y_x = a_0 + \sum_{i=1}^K a_i X_i$  ko‘rinishda bo‘lsa, chiziqli bog‘lanish yoki to‘g‘ri chiziqli bog‘lanish deyiladi.

Ifodasi to‘g‘ri chiziqli (yoki chiziqli) tenglama bo‘lmagan bog‘lanish egri chiziqli (yoki chiziqsiz) bog‘lanish deb ataladi. Xususan,

$$y_x = a_0 + \sum_{i=1}^K a_i x_i + \sum_{i=1}^K b_i x_i^n \quad n = \overline{1 \dots s}$$

$$\text{giperbola } y = a_0 + \sum_{i=1}^K \frac{a_i}{x_i} \quad (7.1)$$

darajali  $y_x = a \prod_{i=1}^K x_i^{a_i}$  va boshqa ko‘rinishlarda ifodalanadigan bog‘lanishlar egri chiziqli (yoki chiziqsiz) bog‘lanishga misol bo‘la oladi.

### 7.1. Gauss-Markov teoremasi

Chiziqli bir omilli model qurishda uning ayrim kamchiliklariga e'tiborni qaratmoq lozim.

Modelni jarayonning bitta omil yordamida, u hatto hal qiluvchi omil bo'lgan taqdirda ham haqqoniy yoritib berish mumkin emas.

Masalan, paxta xomashyosini yalpi yig'ib olishni o'rganishda asosiy omil sifatida hosildorlikni olish mumkin, lekin sinchiklab o'rganish natijasida yer miqdori va sifati, o'g'itlar (ularni miqdori, sifati, quritish muddati), sug'orish harakat tartibi va boshqa omillarni ham e'tiborga olish zarur.

Shunday qilib, «asosiy» omillar miqdori cheksiz o'zgarishi mumkin. Bunday masalalarni hal etish bir omilli modeldan ko'p omilligacha o'tishni taqozo etadi.

Ammo bu ham funksiyaga asosiy omillardan tashqari yana ko'p sonli ikkinchi darajali omillar ta'sir qilishi hisobiga hisoblashda xatolik bo'lishini rad etmaydi.

Ko'pincha ularning ta'siri sezilarsiz va qarama-qarshi xarakterga ega. Ushbu omillarning barcha samarasi, ham musbat ham manfiy qiymatlarni qabul qiluvchi «U» tasodifiy o'zgaruvchi bilan baholanadi. Chiziqli bog'liqlik:

$$Y = f(X_1, U) \text{ yoki } Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n, U), \text{ ko'rinishda bo'ladi.}$$

«U» o'zgaruvchi quyidagi stoxastik xususiyatlarga ega bo'lgan xato sifatida namoyon bo'ladi:

- ehtimoliy me'yoriy taqsimotga ega bo'ladi;
- nolli o'rtachaga ega;
- chekli dispersiyaga ega;
- o'lchash xatosi hisoblanadi.

Statistik ma'lumot yig'ishda ko'p hollarda parametrning haqiqiy qiymatlari o'rniga yashirin xatoga ega o'lchamlar kiritiladi (ular obyektiv, subyektiv xarakterga ega bo'lishlari, o'lcham hisoblarining noaniqligi, noaniq hujjat aylanishi, alohida o'lchamlarini subyektiv bahosi va boshqalar).

Barcha yuqorida sanab o'tilgan kamchiliklar o'lchash xatolarini tenglama xatolariga o'tishiga olib keladi, ya'ni:

$$\begin{aligned} Y &= a_0 + a_1 X + W \\ W &= U + V \end{aligned} \tag{7.2}$$

bunda  $W$ -jami xato;  $U$ -stoxastik e'tiroz bildirish;  $V$ -o'lchash xatosi.

Nisbatan oddiy bog'liqlik deb chiziqli bir omilli bog'liqlik yoki chiziqli ko'p omilli model, u tasodifiy xatoga nisbatan bir necha taxminlarni qabul qilganda hisoblanadi: o'rtacha nolga teng; dispersiya sust va asosiy omillarga bog'liq emas va tasodifiy xato bir-biriga bog'liq emas.

Ko'p omilli holatda:  $Y = a_{0i} + a_{1i}X_i + U_i$ ,  $a_0$  va  $a_1$  koeffitsiyentlarni quyidagi shartlardan kelib chiqqan holda aniqlash mumkin:

$$\begin{aligned} E(U) &= 0, i \in N \\ E(U_i U_j) &= \begin{cases} 0 & \text{agar } i \neq j, \quad i, j \in N \\ \sigma_u^2 & \text{agar } i = j, \quad i, j \in N \end{cases} \end{aligned} \quad (7.3)$$

Sodda iqtisodiy modellarni ko'rib chiqishda bu masalani standart usuli yordamida yechish mumkin. Eng kichik kvadrat usuli klassik hisoblanadi.

Lekin nisbatan murakkabroq vaziyatlarda murakkab ekonometrik modelni ko'rib chiqishda murakkab texnika yo'llaridan foydalangan holda yangi usullarni ishlab chiqish zarur.

Oddiy chiziqli regression modelning to'liq spetsifikatsiyasi regression tenglamadan va 5 ta birlamchi yo'l qo'yishlardan tashkil topgan.

Shu yo'l qo'yishlarni ko'rib chiqamiz. Birinchi ikki taxmin shundan iboratki,  $X$  ning har bir qiymati uchun  $\varepsilon$  xato nol qiymat atrofida me'yoriy taqsimlangan.

Taxmin qilinadiki,  $\varepsilon_i$  uzluksiz kattalik hisoblanib, o'rtacha atrofida simmetrik taqsimlangan  $-\infty$  dan  $+\infty$  gacha o'zgaradi va uning taqsimlanishi 2 o'lcham o'rtacha va variatsiya yordamida aniqlanadi.

Demak:

Birinchi taxmin:  $\varepsilon_i$  - me'yoriy taqsimlangan.

Ikkinchi taxmin:  $E(\varepsilon_i) = 0$  - o'rtacha xato nolga teng.

Haqiqatda biz stoxastik xatoni har bir qiymatini, ko'pgina sabablar natijasi sifatida ko'rishimiz mumkinki, bunda har bir sabab bog'liq o'zgaruvchini, u deterministik hisoblanishi mumkin bo'lgan qiymatdan sezilarsiz tarzda og'diradi.

Bunday ko‘zdan kechirishda o‘lchash xatosi o‘xshashi bilan taqsimot xatosi to‘g‘ri va shuning uchun o‘rtacha xatoni me‘yoriyligini va nolga tengligi haqida taxminlar o‘xshash.

Uchinchi taxmin gomoskediklikka tegishli bo‘lib, u har bir xato  $\sigma^2$  ning qiymati noma‘lum bo‘lgan bir xil variatsiyaga egaekanligini anglatadi. Bu taxmin, masalan  $X$  ning katta qiymatlari uchun xatodispersiyasini imkoni, xuddi kichik qiymatlardagi kabi degan tasdiq bilan kelishiladi.

Yuqorida ko‘rib o‘tilgan ishlab chiqarish funksiyasida, bu taxminga asosan ishlab chiqarishdagi variatsiya ham, ish kuchi qiymatiga bog‘liq emas.

Uchinchi taxmin: Gomoskediklik

$$Var(\varepsilon_i) = \sigma^2 \quad (7.4)$$

To‘rtinchi taxmin: qoldiqdagi avtokorrelyatsiya bilan bog‘liq. Taxmin qilinadiki, xatolar orasida avtokorrelyatsiya yo‘q, ya‘ni avtokorrelyatsiya mavjud emas

$$Cov(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0 \quad i \neq j \quad (7.5)$$

Bu taxmin shuni anglatadiki, agar bugun natijadagi ishlab chiqarish kutilgandan ko‘p bo‘lsa, bundan ertaga ishlab chiqarish ko‘p (yoki kam) bo‘ladi degan xulosaga kelish kerak emas.

Birinchi va to‘rtinchi taxmin birgalikda ehtimollik nuqtai-nazaridan, taqsimot xatolari bog‘liq emas deyish imkonini beradi.

Shuning uchun  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$  o‘zgaruvchini o‘xshash va erkin taqsimlanishi sifatida qaralishi mumkin.  $E(\varepsilon_i) = 0$  bo‘lgani uchun

$$Var(\varepsilon_i) = E(\varepsilon)^2 \quad (7.6)$$

Bundan

$$Cov(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = E(\varepsilon_i, \varepsilon_j) \quad (7.7)$$

Beshinchi taxmin:  $X$  erkin o‘zgaruvchi stoxastik emasligini tasdiqlaydi. Boshqacha qilib aytganda,  $X$  ning qiymatlari nazorat qilinadi yoki butunlay bashorat qilinadi. Bu taxminni muhim qo‘llanilishi shundan iboratki,  $i$  va  $j$  ning barcha qiymatlari uchun

$$E(\varepsilon_i, X_j) = X_j E(\varepsilon_i) = 0 \quad (7.8)$$

Beshinchi taxmin:  $X$  qiymatlari stoxastik emas, ular tanlashda tanlov miqyosidan qat'iy nazar o'xshash

$$\left(\frac{1}{n}\right)\sum_{i=1}^n (X_i - X)^2, \quad (7.9)$$

noldan farq qiladi va uning  $n \rightarrow \infty$  limiti chekli son.

To'g'ri, amaliyotda ko'rsatilgan taxminlarni mutloq mavjudligiga aniq erishish qiyin, lekin biz agar bu taxminlarga taxminan amal qilinsa qoniqish hosil qilamiz.

Yuqorida keltirib o'tilgan taxminlar klassik chiziqli regression model tuzish, regressiya parametrlarini hisoblash uchun zarur.

Regression tenglama va besh taxmin bilan keltirilgan regression modelning to'liq spetsifikatsiyasidan so'ng, endi uni ayrim o'ziga hos tomonlarini ko'rib chiqamiz. Avvalombor,  $Y$  bog'liq o'zgaruvchining taqsimot ehtimoliga qaytamiz.

$Y_i$  funksiyaning birinchi o'rtachasi, tenglamaning ikki qismini matematik kutilishi sifatida olinishi mumkin:

$$E(Y_i) = E(\alpha + \beta X_i + \varepsilon_i) = \alpha + \beta X_i \quad (7.10)$$

Bu,  $\alpha$  va  $\beta$  parametrlar spetsifikatsiyasidan,  $X_i$  ning stoxastik emasligidan (bu berilgan son) va  $\varepsilon_i = 0$  o'rtachadan (ikkinchi taxmin) kelib chiqadi.

Keyin  $Y_i$  variatsiya bo'lmish

$$\text{Var}(Y_i) = E[Y_i - E(Y_i)]^2 = E[(\alpha + \beta X_i + \varepsilon_i) - (\alpha + \beta X_i)]^2 = E(\varepsilon_i^2) = \sigma^2 \quad (7.11)$$

Har bir  $X$  bog'liq o'zgaruvchiga  $Y$  o'zgaruvchini o'rtacha qiymatini beruvchi tenglama regressiyaning empirik chizig'i deyiladi.

## 7.2. Umumlashtirilgan va bavoita "eng kichik kvadratlar usuli"

Regressiya tenglamasining koeffitsiyentlarini eng kichik kvadratlar usuli asosida hisoblash mumkun. Mezon: haqiqiy miqdorlarning tekislangan miqdorlardan farqining kvadratlari yig'indisi eng kam bo'lishi zarur:

$$S = \sum (Y - \bar{Y}_i)^2 \rightarrow \min \quad (7.12)$$

Misol:  $Y_t = a_0 + a_1 t$

Qiymat  $\sum (Y - \bar{Y}_i)^2$  eng kam bo'lishi uchun birinchi darajali hosilalar

nolga teng bo‘lishi kerak.

$$S = \sum (Y - \bar{Y}_t)^2 = \sum (Y - a_0 - a_1 t)^2 \rightarrow \min \quad (7.13)$$

$$\frac{\partial S}{\partial a_0} = 0; \quad \frac{\partial S}{\partial a_1} = 0;$$

$$\begin{cases} n \cdot a_0 + a_1 \sum t = \sum y \\ a_0 \sum t + a_1 \sum t^2 = \sum y \cdot t \end{cases} \quad (7.14)$$

Normal tenglamalar tizimi.

$$S = \sum (Y - \bar{Y}_t)^2 \rightarrow \min \quad (7.15)$$

Demak,

$$\bar{Y} = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \dots + a_n x^n \quad (7.16)$$

$$\frac{\partial S}{\partial a_0} = \sum [2(Y - a_0 - a_1 X - a_2 X^2 - \dots - a_n X^n)] \cdot (-1) = 0$$

$$\frac{\partial S}{\partial a_1} = \sum [2(Y - a_0 - a_1 X - a_2 X^2 - \dots - a_n X^n)] \cdot (-X) = 0 \quad (7.17)$$

.....

$$\frac{\partial S}{\partial a_n} = \sum [2(Y - a_0 - a_1 X - a_2 X^2 - \dots - a_n X^n)] \cdot (-X^n) = 0$$

Chiziqli funksiya bo‘yicha tekislanganda

$$\bar{Y} = a_0 + a_1 X \quad (7.18)$$

$$S = \sum (Y - a_0 - a_1 X)^2 \rightarrow \min$$

$$\begin{cases} \frac{\partial S}{\partial a_0} = \sum 2(Y - a_0 - a_1 X) \cdot (-1) = 0 \\ \frac{\partial S}{\partial a_1} = \sum 2(Y - a_0 - a_1 X) \cdot (-X) = 0 \end{cases} \quad (7.19)$$

Bundan,

$$\begin{cases} \sum y - n \cdot a_0 - a_1 \cdot \sum X = 0 \\ \sum y \cdot X - a_0 \cdot \sum X - a_1 \cdot \sum X^2 = 0 \end{cases} \quad (7.20)$$

$$\begin{cases} n \cdot a_0 + a_1 \cdot \sum X = \sum y \\ a_0 \cdot \sum X + a_1 \cdot \sum X^2 = \sum y \cdot X \end{cases} \quad (7.21)$$

Iqtisodiy qatorlar dinamikasi tendensiyasini aniqlash vaqtida ko‘pchilik hollarda turli darajadagi polinomlar:<sup>4</sup>

$$\hat{y}(t) = \left[ a_0 + \sum_{i=1}^k a_i t^i \right]^u \quad \begin{matrix} (i = -1, 0, 1, \dots, k) \\ (u = -1, 1) \end{matrix} \quad (7.22)$$

va eksponensial funksiyalar qo‘llaniladi:

<sup>4</sup>Gujarati D.N. Basic Econometrics. McGraw-Hill, 4<sup>th</sup> edition, 2003 (Gu), Inc. p. 233



$$\hat{y}(t) = \left[ e^{a_0 + \sum_{i=1}^k a_i t^i} \right]^u \quad \begin{matrix} (i = -1, 0, 1, \dots, k) \\ (u = -1, 1) \end{matrix}. \quad (7.23)$$

Shuni qayd etib o‘tish lozimki, funksiya shakli tenglashtirilayotgan qatorlar dinamikasi xarakteriga muvofiq, shuningdek, mantiqiy asoslangan bo‘lishi lozim.

Polinomning eng yuqori darajalaridan foydalanish ko‘pchilik hollarda o‘rtacha kvadrat xatolarining kamayishiga olib keladi.

Lekin bunday vaqtlarda tenglashtirish bajarilmay qoladi.

Tenglashtirish parametrlari **bevosita eng kichik kvadratlar usuli** yordamida baholanadi. Eksponensial funksiya parametrlarini baholash uchun esa boshlang'ich qatorlar qiymatini logarifmlamoq lozim.

Normal tenglamalar tizimi quyidagicha bo‘ladi:

a)  $k$  tartibli polinom uchun:

$$\begin{cases} na_0 + a_1 \sum t + a_2 \sum t^2 + \dots + a_k \sum t^k = \sum y \\ a_0 \sum t + a_1 \sum t^2 + a_2 \sum t^3 + \dots + a_k \sum t^{k+1} = \sum yt \\ ..... \\ a_0 \sum t^k + a_1 \sum t^{k+1} + a_2 \sum t^{k+2} + \dots + a_k \sum t^{2k} = \sum yt^k \end{cases} \quad (7.24)$$

b)eksponensial funksiya uchun:

[illegible]

Agar tendensiya ko'rsatkichli funksiyaga ega bo'lsa, ya'ni

$$y_t = a_0 a_1^t \quad (7.26)$$

bo'lsa, ushbu funksiyani logarifmlab, parametrlarini eng kichik kvadratlar usuli yordamida aniqlash mumkin. Ushbu funksiya uchun normal tenglamalar sistemasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\begin{cases} n \ln a_0 + \ln a_1 \sum t = \sum \ln y \\ \ln a_0 \sum t + \ln a_1 \sum t^2 = \sum t \ln y \end{cases} \quad (7.27)$$

### 7.3. Gomoskedatlik va geteroskedatlikni aniqlash uchun testlar

“Eng kichik kvadratlar” usulining ekonometrik modellardagi parametrlarni baholashda qoldiqlar kvadratlari yig‘indisining minimumga

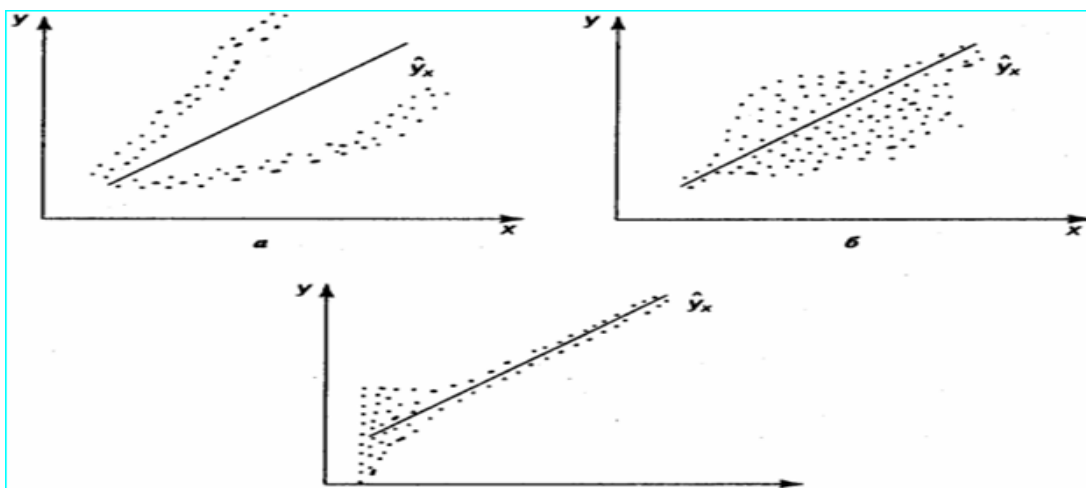
intilishiga asoslanadi. Shuning uchun regressiyaning qoldiq qiymatlarini ko‘rib chiqish muhim ahamiyat kasb etadi.

“Eng kichik kvadratlarining” uchinchi taxmini **gomoskedatlikka** tegishli bo‘lib, u har bir  $X$  uchun qoldiqning dispersiyasi bir xil bo‘lishi ekanligini anglatadi.

Bu taxmin, masalan  $X$  ning katta qiymatlari uchun qoldiq dispersiyasini imkoni, huddi kichik qiymatlardagi kabi degan tasdiq bilan kelishiladi.

**Gomoskedatlik sharti:**  $Var(\varepsilon_i) = \sigma^2$

Agar yuqoridagi “Eng kichik kvadratlar” usulining qo‘llanish sharti bajarilmasa, bunda geteroskedatlik holati hosil bo‘ladi.(7.3-rasm) Geteroskedatlik regressiya tenglamasining parametrlari samaradorligini pasayishiga ta’sir qilmoqda.



7.3.-rasm. Geteroskedatlik holatlari<sup>5</sup>.

#### 7.4. Avtokorrelyatsiya va avtoregressiya tushunchasi

Dinamik qatorlarni tahlil qilayotganda darajalar tebranuvchanligi ikki jihatdan qaralishi mumkin. Birinchidan, ular o‘rganilayotgan jarayon yoki hodisalarning rivojlanish qonuniyatlari namoyon bo‘lishi uchun xalaqit qiladigan “tasodifiy to‘siqlar” yoki “axborot shovqinlari” sifatida talqin etiladi.

<sup>5</sup>Gujarati D.N. Basic Econometrics. McGraw-Hill, 4<sup>th</sup> edition, 2003 (Gu),Inc.p. 392

Shu sababli darajalarni ulardan “tozalash”, ya’ni tasodifiy to‘siqlarni dinamikaning juz’iy tomonlari sifatida bartaraf qilish yoki juda bo‘lmaganda ta’sir kuchini zaiflashtirish yo‘llarini topish va ilmiy asoslash zaruriyati tug‘iladi.

Bu masala yuqorida bayon etilgan trend hisoblash usullarini tub mohiyati va negizini tashkil etadi.

Ikkinchi tomondan, dinamik qatorlarni tahlil qilish jarayonida darajalar tebranuvchanligining o‘zini o‘rganish, statistik tekshirish predmeti sifatida qarash ham muhim ahamiyat kasb etadi.

Avtokorrelyatsiya deb haqiqiy qator darajalari bilan vaqt bo‘yicha bir yoki bir necha davrlarga surilgan darajalar o‘rtasidagi korrelyatsiyaga aytiladi.

Avtokorrelyatsiya - dinamik qatordagi ketma-ket qiymatlar orasidagi bog‘liqlik.

Shunday qilib, «asosiy» omillar miqdori cheksiz o‘zgarishi mumkin.

Bunday masalalarni hal etish bir omilli modeldan ko‘p omilligacha o‘tishni taqozo etadi. Ammo bu ham funksiyaga asosiy omillardan tashqari yana ko‘p sonli ikkinchi darajali omillar ta’sir qilishi hisobiga hisoblashda xatolik bo‘lishini rad etmaydi.

Ko‘pincha ularning ta’siri sezilarsiz va qarama-qarshi xarakterga ega. Ushbu omillarning barcha samarasi, ham musbat ham manfiy qiymatlarni qabul qiluvchi «U» tasodifiy o‘zgaruvchi bilan baholanadi. Chiziqli bog‘liqlik:

$Y = f(X_1, U)$  yoki  $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n, U)$ , ko‘rinishda bo‘ladi.

«U» o‘zgaruvchi quyidagi stoxastik xususiyatlarga ega bo‘lgan xato sifatida namoyon bo‘ladi:

- ehtimoliy me’yoriy taqsimotga ega bo‘ladi;
- nolli o‘rtachaga ega;
- chekli dispersiyaga ega;
- o‘lchash xatosi hisoblanadi.

Statistik ma’lumot yig‘ishda ko‘p hollarda parametrning haqiqiy qiymatlari o‘rniga yashirin xatoga ega o‘lchamlar kiritiladi (ular obyektiv, subyektiv xarakterga ega bo‘lishlari, o‘lcham hisoblarining noaniqligi, noaniq hujjat aylanishi, alohida o‘lchamlarini subyektiv bahosi va boshqalar).

Barchayuqoridasanabo‘tilgankamchiliklaro‘lchashxatolarinitengla maxatolarigao‘tishigaolibkeladi, ya’ni:

$$Y = a_0 + a_1 X + W$$

$$W = U + V \quad (7.12)$$

bunda  $W$ —jami xato;  $U$ —stoxastik e'tiroz bildirish;  $V$ —o'lchash xatosi.

Nisbatan oddiy bog'liqlik deb chiziqli bir omilli bog'liqlik yoki chiziqli ko'p omilli model, u tasodifiy xatoga nisbatan bir necha taxminlarni qabul qilganda hisoblanadi: o'rtacha nolga teng; dispersiya sust va asosiy omillarga bog'liq emas va tasodifiy xato bir-biriga bog'liq emas.

Ko'p omilli holatda:  $Y = a_{0i} + a_{1i} X_i + U_i$ ,  $a_0$  va  $a_1$  koeffitsiyentlarni quyidagi shartlardan kelib chiqqan holda aniqlash mumkin:

$$E(U) = 0, i \in N$$

$$E(U_i U_j) = \begin{cases} 0 & \text{agar } i \neq j, i, j \in N \\ \sigma_u^2 & \text{agar } i = j, i, j \in N \end{cases} \quad (7.13)$$

Avtoregressiya - dinamik qatorning oldingi qiymatlarining keyingi qiymatlariga ta'siri regressiyasi.

Avtokorrelyatsiya xatosi qoldiq dispersiyani oddiy dispersiyaga bo'lib topiladi, ya'ni

$$\varphi = \frac{\sum (Y - \bar{Y}_x)^2}{\sum (Y - \bar{Y})^2}.$$

Avtokorrelyatsiya - vaqtli qatorlarning keyingi va oldingi hadlari o'rtasidagi korrelyasion bog'lanish hisoblanadi.

Avtokorrelyatsiyaning mavjudligi qatorlar dinamikasi darajalarining o'zaro bog'liqligidan, keyingi hadlarning oldingi hadlarga kuchli darajada bog'liqligidan dalolat beradi. Chunki korrelyatsion tahlil usulini o'zaro bog'langan har bir qator darajasi statistik erkin, o'rganilayotgan qatorlar dinamikasida avtokorrelyatsiya mavjudligini aniqlash lozim bo'lgan hollarda tatbiq etish mumkin.

## 7.5. Birinchi darajali avtoregression modellar

Avtokorrelyatsiya mavjudligini tekshirish jarayoni quyidagicha amalga oshiriladi.  $r_\alpha$  (hisoblangan) qiymati hisoblanadi:

$$r_\alpha \text{ (hisoblangan)} = \frac{\sum z_t - z_{t+1}}{\sum z_t^2},$$

bu yerda,  $z_t = y - \hat{y}$  — qoldiq miqdor;

$z_{t+1}$  – vaqt bilan aralashgan qoldiq miqdor.

Agar hisoblar topilgan  $r_\alpha$  (hisoblangan) miqdor berilgan bir foizli xatolar ehtimolligi va erkinlik darajasi sonlari  $n-k-1$  bo'lganda  $r_\alpha$  (jadval) ( $r_\alpha(\text{jadval}) < r_\alpha(\text{hisoblangan})$ ) qiymatidan katta bo'lsa, avtokorrelyatsiya mavjud emas deyiladi. So'ngra ishonchlilik intervallari aniqlanadi. U koeffitsiyentlar variatsiyasi yordamida quyidagi formula asosida aniqlanadi:

$$V = \sqrt{\frac{\sum \left( \frac{y - \bar{y}}{\bar{y}} \cdot 100 \right)^2}{n}}.$$

Shundan so'ng quyi intervali  $y_i \left( 1 - \frac{V}{100} \right)$ , yuqori intervali bo'yicha  $y_i \left( 1 + \frac{V}{100} \right)$  ishonchlilik intervallari hisoblab chiqiladi.

Quyidagi holatlar korrelyatsion tahlil usulini prognozlashda qo'llashda xatoliklarga olib kelishi mumkin:

- bashoratlanayotgan hodisa ko'rsatkichlari dinamikasini aniqlashda muhim ahamiyatga ega bo'lgan omillar imkonini hisobga ola bilmaslik;
- korrelyatsion tenglamalar koeffitsiyentlari ularning qiymatini aniqlaydigan sharoitlar o'zgarishi bilan qiymatining o'zgaruvchanligi;
- bir qiymat o'zgarishining bashorati boshqa bir qancha qiymatlar o'zgarish qiymati bilan almashtiriladi.

Bu masala yuqorida bayon etilgan trend hisoblash usullarini tub mohiyati va negizini tashkil etadi.

Ikkinchi tomondan, dinamika qatorlarini tahlil qilish jarayonida darajalar tebranuvchanligining o'zini o'rganish, statistik tekshirish predmeti sifatida qarash ham muhim ahamiyat kasb etadi.

Avtokorrelyatsiya deb haqiqiy qator darajalari bilan vaqt bo'yicha bir yoki bir necha davrlarga surilgan darajalar o'rtasidagi korrelyatsiyaga aytiladi. Uni o'lchash va o'rganish nazariy va amaliy ahamiyatga ega.

Avtokorrelyatsion tahlil nafaqat o'z – o'zidan ilmiy muammo sifatida diqqatga sazovor, balki shu bilan birga u qator masalalarni yechish uchun zamin yaratadi. Bunday tahlil, birinchidan, qator darajalari o'rtasida bog'lanish bor yoki yo'qligini, ikkinchidan,

bog'lanish mavjud bo'lsa, uning zichlik darajasi va muhimligini baholash va nihoyat, uchinchidan, kuchli (muhim) bog'lanish o'rtacha qanday vaqt davomida (davrlar mobaynida) namoyon bo'layotganini aniqlash imkonini beradi.

Darajalar o'rtasida kuchli va muhim bog'lanishlar mavjudligi muayyan dinamik qatorga xos trend tipi va uning tenglamasi shaklini to'g'ri belgilash uchun asos tug'diradi.

Bundan tashqari, bu holda darajalar tebranuvchanligi davriy shaklda bo'lsa, davr (sikl) o'rtacha muddati yoki uzunligini baholash, sirg'anchiq o'rtachalar hisoblanayotganda esa tayanch darajalar soni masalasini to'g'ri yechish imkoniyatiga ega bo'linadi.

Iqtisodiy hayotda shunday hodisalar ham tez-tez uchraydiki, ularni yuzaga keltiruvchi sabablar oldinroq yuz berib, oqibatlarini esa ma'lum vaqtdan so'ng ro'yobga chiqadi, ya'ni ular orasida uzilish, vakuumli muddat paydo bo'ladi.

Masalan, sarmoya uchun ajratilgan mablag'larni sarflash natijasida oldin ishlab chiqarish obyektlari yaratiladi, so'ngra ular ishga tushirilib asta-sekin quvvatlari o'zlashtiriladi.

O'z-o'zidan ravshanki, obyektlarni bunyod etish va ishga tushirish davrida ushbu sarmoya daromad keltirmaydi, quvvatlarni o'zlashtirish davrida esa oz daromad keltiradi.

Demak, kapital qo'yilmalar amalga oshirilgandan so'ng ma'lum vaqt o'tgandan keyingina sarmoyadan loyihada ko'zlangan daromad to'la miqdorda olinib boshlanadi.

Shunday qilib, sarmoyalarni bunyod etish bilan ulardan daromad olish o'rtasida ma'lum vaqt jarayoni kechadi. Bu vaqtni sarmoya lag'i deb ataladi.

Avtokorrelyatsion tahlil hodisalar dinamikasiga oid o'rtacha lag muddatini belgilash imkonini beradi. Natijada kapital qo'yilmalar iqtisodiy samaradorligini to'g'ri, asosli baholash uchun sharoit tug'iladi.

Qator darajalariga asosan notsiklik avtokorrelyatsiya koeffitsiyenti quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$r_l = \frac{\overline{Y_t \cdot Y_{t+l}} - \bar{Y}_t \cdot \bar{Y}_{t+l}}{\sigma_{y_t} \cdot \sigma_{y_{t+l}}},$$

bu yerda:

$$\bar{Y}_t = \frac{\sum_{t=1}^{N-l} \bar{Y}_t}{N-l},$$

$$\sigma_{Y_t} = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{N-l} Y_t^2}{N-l} - \left( \frac{\sum_{t=1}^{N-l} Y_t}{N-l} \right)^2},$$

$$\bar{Y}_{t+l} = \frac{\sum_{t=l+1}^N \bar{Y}_{t+l}}{N-l},$$

$$\sigma_{Y_{t+l}} = \sqrt{\frac{\sum_{t=l+1}^N Y_{t+l}^2}{N-l} - \left( \frac{\sum_{t=l+1}^N Y_{t+l}}{N-l} \right)^2}.$$

formulaga tegishli qiymatlarni qo'yib, algebraik almashtirishlar natijasida nosiklik avtokorrelyatsiya koeffitsiyenti quyidagi ifoda shaklini oladi:

$$r_l = \frac{\sum_{t=1}^{N-l} Y_t Y_{t+l} - \frac{1}{N-l} \sum_{t=1}^{N-l} Y_t \sum_{t=1}^N Y_{t+l}}{\sqrt{\left[ \sum_{t=1}^{N-l} Y_t^2 - \frac{1}{N-l} \left( \sum_{t=1}^{N-l} Y_t \right)^2 \right] \left[ \sum_{t=l+1}^N Y_{t+l}^2 - \frac{1}{N-l} \left( \sum_{t=l+1}^N Y_{t+l} \right)^2 \right]}}.$$

Siklik avtokorrelyatsiya – bu  $y_1, y_2, \dots, y_N$  qatori bilan  $l$  davrga surilib bo'sh qolgan davrlari esa boshlang'ich qatorning darajalari bilan to'ldirilgan qator ya'ni  $y_{l+1}, y_{l+2}, \dots, y_1, y_2, \dots, y_l$  o'rtasidagi korrelyatsiyadir. Bu holda:

$$\begin{cases} \sum_{t=1}^N Y_{t(1)} = \sum_{t=1}^N Y_{t(1)} \\ \sum_{t=1}^{N+1} Y_{t(2)} = \sum_{t=l+1}^{N+1} Y_{t(2)} \end{cases},$$

bu yerda  $Y_{t(1)}$  – birinchi qator darajalari;

$Y_{t(2)}$  – ikkinchi qator darajalari.

Siklik avtokorrelyatsiya koeffitsiyenti quyidagi shaklga ega:

$$r_l = \frac{\sum_{t=1}^N Y_t Y_{t+l} - \frac{\left(\sum_{t=1}^N Y_t\right)^2}{N}}{\sum_{t=1}^N Y_t^2 - \frac{\left(\sum_{t=1}^N Y_t\right)^2}{N}} .$$

Hozirgi vaqtda avtokorrelyatsiya mavjudligini tekshirishda Darbin-Uotson mezonni qo'llanadi:

$$DW = \frac{\sum_{t=1}^{N-1} (Y_{t+1} - Y_t)^2}{\sum_{t=1}^N Y_t^2} .$$

$DW$  – mezon mumkin qiymatlari 0–4 oraliqda yotadi. Agar qatorda avtokorrelyatsiya bo'lmasa, uning qiymatlari 2 atrofida tebranadi. Hisoblab topilgan haqiqiy qiymatlari jadvaldagi kritik qiymat bilan taqqoslanadi. Agarda  $DW_{\text{haq.}} < DW_{\text{past.}}$  bo'lsa, qator avtokorrelyatsiyaga ega;  $DW_{\text{haq.}} > DW_{\text{yuqori}}$  bo'lsa u avtokorrelyatsiyaga ega emas;  $DW_{\text{past}} < DW_{\text{haq.}} < DW_{\text{yuqori}}$  bo'lsa, tekshirishni davom ettirish lozim. Bu yerda  $DW_{\text{past}}$  va  $DW_{\text{yuqori}}$  – mezonning quyi va yuqori chegaralari.

Salbiy avtokorrelyatsiya mavjud ( $r_l$  minus ishoraga ega) bo'lsa, u holda mezon qiymatlari 2–4 orasida yotadi, demak, tekshirish uchun  $DW' = 4 - DW$  qiymatlarini aniqlash kerak.

### Nazorat savollari:

1. Avtokorrelyatsiya nima va u qanday tahlil qilinadi?
2. Multikolleniyarlik nima? U korrelyatsion bog'lanish natijalariga qanday ta'sir etadi va qaysi yo'l bilan uni bartaraf qilish mumkin?
3. Parabolik o'rtacha nima va qachon u qo'llanadi?
4. Dinamik qatorlarda korrelyatsion-regression tahlil usullarini qo'llash shart-sharoitlarini tushuntirib bering?
5. Korrelyatsion-regression tahlil natijalari asosida istiqbollar qanday tartibda aniqlanadi?
6. Geteroskedastiklik nima va ta'rifini keltiring.
7. Geteroskedastiklik va vaznlashtirilgan eng kichik kvadratlar usulini ta'riflab bering.



8. Geteroskedastiklikning xususiy turlarini tushuntirib bering.
9. Birinchi darajali avtoregression jarayonlar holatini tushuntirib bering.
10. Birinchi darajali avtoregression jarayonlar uchun statsionarlik sharti nimalardan iborat?
11. Avtoregressiya qoldiqlari nima va undan nima maqsadda foydalaniladi?
12. Avtoregression model avtokorrelyatsion modeldan nima jihati bilan farqlanadi?

## **VIII BOB. PANEL MA'LUMOTLARI**

### **8.1. Panel ma'lumotlariga asoslangan modellar**

“Panel ma'lumotlar” (panel data) atamasi shaxslar o'rtasida o'tkazilgan so'rovnomalardan kelib chiqqan va shu nuqtai nazardan “panel”– bu ma'lum vaqt oralig'ida doimiy ravishda kuzatib borilgan shaxslar guruhi.

Hozirgi kunda panel ma'lumotlarini tahlil qilish usullari keng tarqaldi va panel ma'lumotlarini tushunish ancha kengaydi.

Ba'zida “panel ma'lumotlari” atamasi bilan bir qatorda “longitudinal ma'lumotlar” (longitudinal data) atamasi ham qo'llaniladi.

Panel ma'lumotlari ketma-ket vaqt oralig'ida olingan bir xil namunaviy birliklarning takroriy kuzatuvlaridan iborat.

Kuzatish obyekti shaxslar, uy xo'jaliklari, firmalar, mamlakatlar va boshqalar bo'lishi mumkin.

Xuddi shu uy xo'jaliklari yoki jismoniy shaxslarning yillik so'rovlari (masalan, ularning farovonligidagi o'zgarishlarni aniqlash uchun), alohida kompaniyalarning iqtisodiy faoliyati to'g'risidagi har choraklik ma'lumotlar, bir mamlakat mintaqalari yoki yillik ijtimoiy-iqtisodiy ko'rsatkichlari panel ma'lumotlariga misol bo'lishi mumkin.

Panel ma'lumotlar ham fazoviy ma'lumotlarni, ham vaqt qatorlarini birlashtiradi va ushbu ma'lumotlarning har birining kuchli tomonlarini birlashtiradi.

Bu faqat vaqtinchalik yoki faqat fazoviy ma'lumotlar doirasida imkonsiz bo'lib ko'rinadigan turli xil o'zgaruvchilar o'rtasidagi haqiqiy sababiy munosabatlarni o'rganish uchun yetarli va mazmunli modellarni yaratishga imkon beradi.

### **8.2. Panel ma'lumotlarining afzalliklari**

Panel ma'lumotlaridan foydalanishning quyidagi afzalliklari ta'kidlangan.

1. Panel ma'lumotlari individual geterogenlikni hisobga olishga imkon beradi.

Vaqt qatorlari yoki fazoviy ma'lumotlar har doim ham shaxslar, firmalar, mintaqalar yoki mamlakatlarning bir xilligini hisobga olmaydi, bu esa noaniq taxminlarga olib kelishi mumkin.

Masalan, tadqiqotlarda AQSHda sigaretaga bo'lgan talab o'rganildi.

Talab iste'mol, narx va daromadlar kechikishi funksiyasi sifatida modellashtirildi. Ushbu o'zgaruvchilar shtatlar bo'yicha va vaqt o'tishi bilan o'zgarib turardi. Biroq, davlatga yoki vaqtga qarab, iste'molga ta'sir qilishi mumkin bo'lgan ko'plab boshqa omillar, masalan, din, ta'lim va televizion va radio reklama kabi omillar mavjud edi.

Ushbu o'zgaruvchilarni har bir holat va vaqt davri uchun o'lchash qiyin va ularni iste'mol tenglamasiga kiritish mumkinligiga erishish juda qiyin. Biroq, ushbu o'zgaruvchini qoldirib ketish, taxminlarda noaniqlikka olib keladi.

Panel ma'lumotlari vaqt oralig'ida farq qiladigan o'zgaruvchilarni o'lchashga qodirmi yoki yo'qmi. Shu tarzda, panel ma'lumotlari muhim o'zgaruvchilar modelga kiritilmaganligi sababli spetsifikatsiya xatosidan qochish imkoniyatini beradi.

2. Panel ma'lumotlari ko'plab o'lchovlarni o'z ichiga oladi va shu bilan tadqiqotchiga ko'proq ma'lumot beradi, ular izohlanadigan o'zgaruvchilarning katta o'zgaruvchanligi va kamroq chiziqliligi bilan ajralib turadi, ular ko'proq erkinlik darajalarini beradi va taxminlarning samaradorligini oshiradi.

Vaqt ketma-ketligini tahlil qilganda, tadqiqotchilar ko'pincha omillarning ko'p satrli bo'lishiga duch kelishadi. Masalan, yuqorida ko'rib chiqilgan sigaretlarga bo'lgan talabda, Qo'shma Shtatlar uchun yig'ilgan vaqt seriyasidagi narx va daromad o'rtasidagi yuqori bog'liqlik mavjud edi.

Ushbu omillar orasidagi yuqori kollinearlik davlat panelidagi ma'lumotlarga nisbatan kamroq bo'ladi, chunki fazoviy o'lchov omillarning o'zgarishini biroz oshiradi va narxlar va daromadlar to'g'risidagi ma'lumotlarni yanada informatsion qiladi.

Darhaqiqat, ma'lumotlarning o'zgarishi ikkita tarkibiy qismga bo'linishi mumkin: har xil o'lchamdagi va har xil xususiyatlarga ega bo'lgan holatlar o'rtasidagi o'zgarish va shtatlar ichidagi o'zgarish: ikkinchisi odatda har doim katta bo'ladi.

Bundan tashqari, ko'proq ma'lumotlar yanada ishonchli parametrlarni baholashga olib kelishi mumkin.

3. Panel ma'lumotlar aholi populyatsiyalari individual xususiyatlarining o'zgarishi dinamikasini o'rganish imkoniyatini beradi.

Panel ma'lumotlari ishdagi o'zgarishlarni, ishsizlik davrlarini, daromadagi o'zgarishlarni, muayyan iqtisodiy davlatda, masalan, qashshoqlikda yoki ishsiz bo'lgan vaqtni tekshirishda juda mos keladi.

Shunday qilib, ishsizlikni o'lchashda fazoviy ma'lumotlar ma'lum vaqt punktida ishsizlarning umumiy nisbati qanday bo'lishini taxmin qilishga imkon beradi.

Vaqtinchalik ma'lumotlar ushbu ulush vaqt o'tishi bilan qanday o'zgarganligini ko'rsatishi mumkin va faqat panel ma'lumotlari bir davrda ishsizlarning qaysi qismi boshqa davrda ishsiz qolishini taxmin qilishga imkon beradi.

Panel ma'lumotlaridan aholining turli xil birliklari nima uchun boshqacha yo'l tutishini tushuntirish uchun ham, populyatsiyaning ma'lum birligi turli vaqtlarda nima uchun boshqacha yo'l tutishini aniqlash uchun ham foydalanish mumkin.

4. Panel ma'lumotlari shunchaki vaqt oralig'ida yoki faqat fazoviy ma'lumotlarda aniqlanmaydigan effektlarni aniqlash va o'lchashga qodir.

Masalan, ish haqining oshishi yoki kamayishi kasaba uyushma a'zolari bilan bog'liqligini o'rganish mumkin.

Agar xodimning kasaba uyushmasidan kasaba uyushmasiga yoki aksincha o'tishini kuzatadigan bo'lsak, bu savolga eng yaxshi javob beriladi va bu faqat panel ma'lumotlarida aks etishi mumkin.

Xodimning individual xususiyatlarini doimiy deb hisoblagan holda, kasaba uyushma a'zolarining ish haqiga ta'siri qanchalik borligi yoki yo'qligini aniqlash mumkin bo'ladi.

Ushbu tahlil shuningdek, ish haqining boshqa turlarini baholash uchun ishlatilishi mumkin, masalan, xavfli yoki yoqimsiz ish uchun to'lanadigan mukofotni baholash.

5. Panel ma'lumotlari fazoviy ma'lumotlarga va vaqt seriyalariga qaraganda murakkabroq xulq-atvor modellarini tuzish va sinashga imkon beradi va panellarda odatda vaqt qatorlarida ko'rib chiqiladigan taqsimlangan kechikish modellariga nisbatan kamroq cheklovlar qo'yilishi mumkin.

6. Panel ma'lumotlari ma'lumotlarni yig'ish bilan bog'liq noaniqliklardan saqlaydi, chunki mikro darajada to'plangan panel ma'lumotlari (shaxslar, firmalar yoki uy xo'jaliklari uchun) so'nggi

darajasida olingan o'xshash o'zgaruvchilardan ko'ra aniqroq o'lchanishi mumkin.

Shu bilan birga, vaqt qatorlari populyatsiyaning ba'zi bir o'rtacha hisoblangan birligi xususiyatlarining vaqt o'zgarishini ko'rib chiqadi va kosmik ma'lumotlar aholi birliklarining kuzatilmaydigan individual xususiyatlarini hisobga olmaydi.

7. Ibratli darajadagi panel ma'lumotlari ko'proq vaqt seriyasiga ega va birlik ildiz paneli sinovlari standart asimptotik taqsimotlarga ega, vaqt qatorini tahlil qilishda birlik ildiz testiga xos bo'lgan nostandart taqsimot muammolari mavjud.

Biroq, panel ma'lumotlari o'zining kamchiliklariga ega. Ma'lum muammolar ma'lumotlar yig'ish bilan bog'liq:

- qamrov muammosi, ya'ni qiziqadigan aholining to'liq bo'lmagan hisobi; respondent bilan o'zaro munosabatlarning yetishmasligi va suhbatdoshning xatosi bilan bog'liq bo'lishi mumkin bo'lgan javobning yetishmasligi;

- savolning tushunarsiz yozilishi tufayli va noto'g'ri javob tufayli paydo bo'lishi mumkin bo'lgan o'lchov xatolari bilan bog'liq buzilishlar, xotira xatolari, qasddan javobni buzish (obro'li tarafkashlik), noo'rin axborot beruvchilar, javoblarni noto'g'ri yozish va boshqalar.

Ma'lumotlarning yetishmasligi turli sabablarga ko'ra bo'lishi mumkin. Masalan, agar jismoniy shaxslar taklif qilinadigan ish haqi eng kam ish haqidan past bo'lganligi sababli ishlamaslikni tanlasalar, u holda bu shaxslar uchun ish haqi ma'lumotlari bo'lmaydi, ammo boshqa xususiyatlar to'g'risida ma'lumotlar mavjud bo'ladi.

Faqatgina ularning ish haqi o'tkazib yuborilganligi sababli, namuna senzurasiga olinadi. Ammo, agar biz ushbu shaxslarning barcha ma'lumotlarini kuzatmasak, unda namuna allaqachon qisqartiriladi va natija xolisona baholarga olib keladi. Panelning birinchi to'lqinida javobning yetishmasligi tanlangan shaxs yoki uy xo'jaliklari so'rovda qatnashishdan bosh tortganligi yoki shunchaki uyda hech kim yo'qligi bilan bog'liq bo'lishi mumkin.

Panelning keyingi to'lqinlarida, javoblarning yetishmasligi ma'lumotlarning pasayishiga olib kelishi mumkin, bu yerda ilgari so'ralgan respondent o'lishi, boshqa joyga ko'chishi yoki so'rovnomada qatnashish narxi ular uchun juda yuqori bo'lganligini aniqlashi va ishtirok etishdan bosh tortishi mumkin.

Hozirda ko‘plab mamlakatlarda panelli so‘rovlar turli shakllarda o‘tkazilmoqda. Panel ma‘lumotlar dastlab AQSHda 1960-yillarda shakllana boshladi. AQSHning eng yaxshi ma‘lum bo‘lgan ma‘lumotlar bazalari orasida PSID va NLS mavjud.

AQSH panel daromadlarini dinamikasini o‘rganish (PSID), (The US Panel Study of Income Dynamics (PSID), [psidonline.isr.umich.edu](http://psidonline.isr.umich.edu)) - Michigan universiteti ijtimoiy tadqiqotlar instituti tomonidan tuzilgan Amerika uy xo‘jaliklarining ma‘lumotlar bazasi. PSID ma‘lumotlar bazasi 1968-yilda paydo bo‘lgan va 4800 ta oila haqidagi ma‘lumotlarni o‘z ichiga olgan. Ayni paytda u 9000 ga yaqin amerikalik oilalarni qamrab oladi.

Ma‘lumotlar iqtisodiyot, demografiya, sog‘liqni saqlash va ijtimoiy xatti-harakatlar uchun 5000 dan ortiq o‘zgaruvchini o‘z ichiga oladi.

Milliy uzunlamasida tadqiqotlar (National Longitudinal Surveys (NLS), 1966-yilda boshlangan AQSH Mehnat statistikasi byurosi homiyligida o‘tkazilgan panel tadqiqotidir. Ayol va erkaklarning turli guruhlarini mehnat bozori faoliyatining turli jihatlarini va boshqa muhim voqealarni o‘rganmoqdalar.

Yevropada panel ma‘lumotlari faqat 1980-yillarda paydo bo‘la boshladi. Masalan, Germaniya Iqtisodiy tadqiqotlar instituti ((Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), Berlin)) tomonidan tashkil etilgan Germaniya Ijtimoiy-Iqtisodiy Panel (Soziooekonomisches Panel (SOEP), [diw.de/soe](http://diw.de/soe)).

Panel tadqiqotlarining birinchi to‘lqini 1984-yilda bo‘lib o‘tdi va 5000 dan ortiq G‘arbiy Germaniya uylarini qamrab oldi. So‘rovda hozirgi kunda taxminan 11000 ta uy xo‘jaligi ma‘lumotlari mavjud bo‘lib, ular demografik o‘zgaruvchilar, ish haqi, daromad, nafaqalar, hayotning turli jihatlaridan qoniqish, umid va qo‘rquv, siyosiy faoliyat va boshqalarni o‘z ichiga oladi. 1991-yildan beri Esseks universiteti qoshidagi Ijtimoiy va Iqtisodiy Tadqiqotlar Instituti britaniyalik uy xo‘jaliklari o‘rtasida panelli so‘rov o‘tkazmoqda (britaniyalik uy xo‘jaliklarining panel tadqiqotlari (BHPS), [iser.essex.ac.uk/survey/bhps](http://iser.essex.ac.uk/survey/bhps)).

Bu Buyuk Britaniyaning 250 ta tumanidan tanlab olingan 5500 ta uy xo‘jaligi va 10,300 kishidan iborat milliy vakillik namunasini.

Ushbu ma‘lumotlar uy demografiyasi, mehnat bozori, sog‘liqni saqlash, ta‘lim, uy-joy sharoitlari, iste‘mol, daromad va boshqalarni aks

ettiradi. 1994-2001-yillarda Eurostat ko‘magida Yevropada uy xo‘jaliklarining tadqiqotlari o‘tkazildi. (The European Community Household Panel (ECHP), [epunet.essex.ac.uk/echpphp](http://epunet.essex.ac.uk/echpphp)).

Yevropa Ittifoqiga a‘zo bo‘lgan mamlakatlarda daromadlar, ish va ishsizlik, qashshoqlik, uy-joy, sog‘liqni saqlash va boshqalar to‘g‘risida uy xo‘jaliklari ma‘lumotlari to‘plandi.

Rossiyada panelli tadqiqotlar 1990-yillarda o‘tkazila boshlandi. Eng taniqli ma‘lumotlar bazasi RLMS - Rossiyaning iqtisodiy ahvoli va aholining sog‘lig‘i monitoringi (Russia Longitudinal Monitoring Survey (RLMS), [cpc.unc.edu/projects/rims](http://cpc.unc.edu/projects/rims)) - Rossiyada 1992-yildan buyon o‘tkazib kelinayotgan uy xo‘jaliklari va jismoniy shaxslar o‘rtasida o‘tkazilgan bir qator umummilliy so‘rovnomalardir. So‘rov ma‘lumotlari daromad va xarajatlar, moddiy farovonlik, ish joyi, ta‘lim darajasi, sog‘liqni saqlash holati va boshqalar bilan bog‘liq 3000 dan ortiq savollarga javoblarni o‘z ichiga oladi.

### 8.3. Parametrlarni hisoblash samaradorligi. Parametrlarni aniqlash

$y_{it}, x_{it}, i = \overline{1, N}, t = \overline{1, T}$  data ma‘lumotlar bo‘lsin.

Bu yerda  $N$  - mavzular soni, va  $T$  - vaqt bo‘yicha ketma-ket ochkolar soni.  $Y$  va  $X$  o‘zgaruvchilar o‘rtasidagi chiziqli munosabatlar modelini baholash talab qilinadi. Umumiy holda,  $X$  cheklangan o‘lchov  $k$  vektoridir ( $p$  mustaqil omillar bo‘lishi mumkin).

Har bir fazoviy birlik barcha vaqt oralig‘ida bir xil miqdordagi kuzatuvlarga ega bo‘lgan muvozanatli panellarni ko‘rib chiqamiz. Shunda kuzatuvlarning umumiy soni  $N \cdot T$  bo‘ladi.

Agar  $N = 1$  va yetarlicha katta  $T$  bilan va  $T = 1$  va yetarlicha katta  $N$  bilan fazoviy ma‘lumotlar olinadi. Ma‘lumotlarni panelda baholash usuli  $N > 1$  va  $T > 1$  bo‘lgan holatlarga ishora qiladi. Qisqa vaqtli ketma-ketlikdagi panel ma‘lumotlarini ko‘rib chiqamiz.

Aholining i-birligi uchun ma‘lumotlar quyidagicha ifodalanishi mumkin.

$$y_i = \begin{bmatrix} y_{i1} \\ y_{i2} \\ \vdots \\ y_{iT} \end{bmatrix} X_i = \begin{bmatrix} X_{i1} \\ X_{i2} \\ \vdots \\ X_{iT} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{i1}^1 & x_{i1}^2 & \cdots & x_{i1}^k \\ x_{i2}^1 & x_{i2}^2 & \cdots & x_{i2}^k \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{iT}^1 & x_{iT}^2 & \cdots & x_{iT}^k \end{bmatrix} \varepsilon_i = \begin{bmatrix} \varepsilon_{i1} \\ \varepsilon_{i2} \\ \vdots \\ \varepsilon_{iT} \end{bmatrix}$$

Unda aholining barcha birliklari uchun birlashtirilgan ma'lumotlar shakliga ega bo'linadi

$$y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_N \end{bmatrix} \quad X = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_N \end{bmatrix} \quad \varepsilon = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_T \end{bmatrix}$$

bu yerda  $Y$  va  $\varepsilon_{it}$   $NT \times 1$  razmerli matritsalar, va  $X$  esa  $NT \times k$  razmeriga ega.

Namunaning fazoviy obyektlari o'rtasida sezilarli farqlar (geterogenlik) bo'lmagan taqdirda, birlashtirilgan regressiya - (pooled regression) asosida regressiya qurish mumkin. Bu oxir-oqibat regressiya modeli:

$$y_{it} = X_{it}b + a + \varepsilon_{it} \quad (8.1)$$

OLS talablarini qondiradigan  $\varepsilon_{it}$  qoldiqlari bilan. Bunday holda biz klassik normal chiziqli model taxminlarini qondiradigan  $N.T$  kuzatuvlari bilan oddiy chiziqli regressiya bilan shug'ullanamiz.

Koeffitsiyentlar vektorining samarali baholarini olish uchun odatiy eng kichik kvadratlar usulidan foydalanish kifoya (OLS).

Olingan taxminlar  $b$  va  $a$  eng yaxshi chiziqli xolis  $\beta$  vektorining taxminlaridir (BLUE – best linear unbiased estimate) . Qachonki  $N \rightarrow \infty$  yoki / va  $T \rightarrow \infty$  bo'lganda, -ushbu taxmin ushbu vektorning izchil bahosi hisoblanadi.

#### 8.4. O'rnatilgan effektlar ( regressiya ) modeli (fixed effect model)

$$y_{it} = X_{it}b + a_i + \varepsilon_{it} \quad (8.2)$$

Oldingi holatdan farqli o'laroq,  $a_i$  erkin atamasi har bir namunaviy obyekt uchun har xil qiymatlarni qabul qiladi. Uning ma'nosi o'rganilayotgan obyektlarning vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydigan individual xususiyatlarini tavsiflovchi etishmayotgan yoki kuzatilmaydigan o'zgaruvchilar ta'sirini aks ettirishdir.

“Ruxsat etilgan “effektlar” atamasi regressiya tenglamasidagi doimiy obyektlar o'rtasida farq qilishi mumkinligini anglatadi, ammo har bir aniq obyekt uchun doimiy vaqt davomida u doimiy bo'ladi, ya'ni vaqt o'tishi bilan  $t$  o'zgarmaydi.



Matritsa yozuvidagi model tenglama;

$$y = X \cdot b + Z \cdot A + \varepsilon \quad (8.3)$$

Matritsa o'lchamlari:  $y(NT \times 1)$ ,  $X(NT \times k)$ ,  $b(k \times 1)$ ,  $Z(NT \times N)$ ,  $A(N \times 1)$ ,  $\varepsilon(NT \times 1)$

A - deterministik individual effektlarga mos keladigan doimiylar vektori, Z - esa qo'g'irchoq o'zgaruvchilarning blok-diagonal matritsasi.

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ (T,1) \\ \vdots \\ y_N \\ (T,1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 \\ (T,K) \\ \vdots \\ X_N \\ (T,K) \end{bmatrix} \cdot b_{(K,1)} + \left\{ \begin{bmatrix} \vec{l}_T & 0 & \cdots & 0 \\ (T,1) & (T,1) & & (T,1) \\ 0 & \vec{l}_T & & \vdots \\ (T,1) & (T,1) & & \\ \vdots & & \ddots & \\ 0 & \cdots & & \vec{l}_T \\ (T,1) & & & (T,1) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_1 \\ \vdots \\ a_i \\ \vdots \\ a_N \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ (T,1) \\ \vdots \\ \varepsilon_N \\ (T,1) \end{bmatrix} \right.$$

Bunday holda, koeffitsiyentlarning bahosi  $\beta$

$$\beta_{LSDV} = \begin{pmatrix} X'X & X'Z \\ Z'X & Z'Z \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} X'Y \\ Z'Y \end{pmatrix}$$

Ular odatdagi OLS orqali hisoblanadi.

Ushbu model ancha moslashuvchan, chunki avvalgi modeldan farqli o'laroq, bu obyektlarning individual heterojenligini hisobga olishga imkon beradi.

Biroq, bu moslashuvchanlikni ko'pincha hisob-kitoblarning ahamiyatini yo'qotishi bilan qoplash kerak (ularning standart xatolarining ko'payishi sababli), chunki keraksiz N parametrlarni baholash kerak.

Agar N tahlil predmetlari soni ko'p bo'lsa, yuqori o'lchovli matritsani (N + K) teskari aylantirish zarurati hisoblashda qiyinchiliklarni keltirib chiqaradi.

Shunisi qiziqki, son jihatidan  $\beta$  va  $a$  parametrlarining taxminiy qiymatlari boshqacha usulda olinishi mumkin bo'lsin. Masalan,

$$\bar{y}_i = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T y_{it}, \quad \bar{X}_i = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T X_{it}, \quad \bar{\varepsilon}_i = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \varepsilon_{it}$$

bu yerda,  $X$  barcha omillar  $x_k$  vektori sifatida tushuniladi. YA'ni, omillarning har biri uchun o'rtacha vaqtni hisoblash kerak. Vaqt o'tishi bilan (2) tenglamaning ikkala tomonini o'rtacha hisoblab chiqamiz

$$\bar{y}_i = \bar{X}_i b + a_i + \bar{\varepsilon}_i, \quad i = \overline{1, N} \quad (8.4)$$

(2) va (4) tenglamalardan olamiz

$$\begin{aligned} y_{it}^* &= X_{it}^* b + \varepsilon_{it}^* \\ \text{bunda} \quad y_{it}^* &= y_{it} - \bar{y}_i, \quad X_{it}^* = X_{it} - \bar{X}_i, \quad \varepsilon_{it}^* = \varepsilon_{it} - \bar{\varepsilon}_i \end{aligned} \quad (8.5)$$

Natijada, biz individual vositalar uchun moslashtirilgan modelni oldik. Bepul shartlar tenglamadan chiqarildi. Olingan tenglamadan  $b$  parametrini hisoblash uchun foydalanish mumkin.

Ushbu baho "ichki guruh" («within-group» estimate) deb nomlanadi va shuni anglatadiki, u faqat o'zgaruvchilar qiymatlarining vaqti o'rtacha qiymatlaridan chetga chiqishlari asosida quriladi va shu bilan subyektlar o'rtasidagi o'zgaruvchanlikka e'tibor bermasdan har bir mavzu doirasidagi o'zgaruvchanlikni hisobga oladi.

Biroq, so'nggi yillarda ekonometrik adabiyotlarda ular ushbu baho haqida shunchaki "within" baho sifatida gapira boshladilar.

$b$  parametrini olgan holda,  $a_i$  taxminiy qiymatini olish mumkin

$$a_i = \bar{y}_i - \bar{X}_i b, \quad i = \overline{1, N} \quad (8.6)$$

Bu ikki usul natijasida olingan  $a$  va  $b$  bashorat sonlari mos keladi, lekin  $\beta$  standart xatoliklar bu ikki modellarida farq qiladi.

Shunday qilib,  $\beta \rightarrow \infty$  bo'lganda ham,  $T \rightarrow \infty$  bo'lganda ham izchil baho bo'lib,  $a_i$  faqat  $T \rightarrow \infty$  bo'lganda mos keladi.

Ikkinchisi, har bir  $a_i$  ni baholash aslida faqat  $T$  kuzatuvlari bilan amalga oshirilishining natijasidir, shuning uchun sobit  $T$  uchun  $N$  ning ko'payishi bilan  $a_i$  parametrlari sonining ko'payishi sodir bo'ladi, ammo bu har bir o'ziga xos  $a_i$  ning taxminiy aniqligini oshirishiga olib kelmaydi.

Modellarni taqqoslash uchun biz uchta modelni taqqoslaymiz.  $M_0$  modelini "cheklovsiz model" deb ataymiz. Ushbu modeldagi  $SS_{\text{rest}}$  kvadratlarining qoldiq yig'indisini  $S_0$  deb belgilaylik.

$$S_0 = \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (y_{it} - X_{it} b_i - a_i)^2$$

Cheklanmagan model doirasida biz ikkita farazni ko‘rib chiqamiz:

H1:  $\beta_i$  hamma  $i$  – lar uchun bir xil va hamma o‘rnatilgan effektli  $\beta$  modeli uchun -  $M_1$  ga teng,  $SS_{rest}$  kvadratlarining qoldiq yig‘indisi  $S_1$  ga teng.

H2:  $\beta_i$  hamma  $a_i$ – lar uchun bir xil va hamma o‘rnatilgan effektli I pul modeli uchun -  $M_2$  ga teng,  $SS_{rest}$  kvadratlarining qoldiq yig‘indisi  $S_2$  ga teng.

$$M_0: y_{it} = X_{it}b_i + a_i + \varepsilon_{it}$$

$$M_1: y_{it} = X_{it}b + a_i + \varepsilon_{it}$$

$$M_2: y_{it} = X_{it}b + a + \varepsilon_{it}$$

**H<sub>1</sub> gipotezasini sinovdan o‘tkazish** (  $M_1$ o‘rnatilgan effektlar modelini ishlatish yoki har bir  $M_0$ obyekti uchun modellarni alohida qurish)

$$F_1 = \frac{(S_1 - S_0) / (N - 1)k}{S_0 / N(T - k - 1)}$$

Agar  $F_1$  statistik ahamiyatga ega bo‘lmasa, unda belgilangan effektlar modelidan foydalanish kerak.

Agar  $F_1$ qiymati statistik jihatdan ahamiyatli bo‘lsa, u holda parametrlarning geterogenlik bir xilligi manbasini izlash kerak, ya’ni o‘rnatilgan effektlar modelidan foydalanish mumkin emas.

**H<sub>2</sub> gipotezasini sinovdan o‘tkazish** (barcha  $M_2$ obyektlari uchun bitta modeldan foydalanish kerakmi yoki har bir  $M_0$  obyekt uchun modellarni alohida tuzish kerak)

$$F_2 = \frac{(S_2 - S_0) / (k + 1)(N - 1)}{S_0 / N(T - k - 1)}$$

Agar  $F_2$  qiymati statistik ahamiyatga ega bo‘lmasa, u holda ma’lumotlar to‘planishi kerak.

Agar  $F_2$  qiymati statistik jihatdan ahamiyatli bo‘lsa, unda parametrlarning geterogenligi manbasini izlash kerak, ya’ni uni birlashtirish mumkin emas.

Shunga o'xshash pul modelini va o'rnatilgan effektlar modelini ham solishtirishimiz mumkin.

**H<sub>3</sub> gipotezasini sinovdan o'tkazish (Vald testi).** M<sub>1</sub> modeli doirasida barcha  $\alpha_i$  larning tengligi gipotezasi barcha  $\beta_i$  lar tengligi sharti bilan sinovdan o'tkaziladi.

$$F_3 = \frac{(S_2 - S_1) / (N - 1)}{S_1 / (NT - N - k)}$$

Agar  $F_3$  qiymati statistik jihatdan ahamiyatli bo'lmasa, unda ma'lumotlar birlashtirilishi kerak. Agar  $F_3$  qiymati statistik ahamiyatga ega bo'lsa, unda M<sub>1</sub> dan foydalanish kerak.

### 8.5. Tasodifiy effektlar ( regressiya) modeli (random effect model)

Bir qator vaziyatlarda statistik ma'lumotlar mavjud bo'lgan N subyektlar ba'zi bir kengroq aholi (populyatsiya) ning tasodifiy tanlovi sifatida ko'rib chiqiladi va tadqiqotchini namunaga kiritilgan aniq mavzular emas, balki o'ziga xos xususiyatlarga ega bo'lgan shaxssiz mavzular qiziqtiradi.

Shunga ko'ra, bunday vaziyatlarda  $\alpha_i$  tasodifiy o'zgaruvchilar deb taxmin qilinadi va keyin tasodifiy effektli model haqida gap boradi (random effects). Bunday modelda  $\alpha_i$  endi ba'zi bir belgilangan parametrlarning qiymatlari sifatida talqin qilinmaydi va ularni baholash mumkin emas. Buning o'rniga,  $\alpha_i$  tasodifiy o'zgaruvchilarning tarqalish parametrlari baholanadi

$$y_{it} = \mu + X_{it}b + \alpha_i + \varepsilon_{it}$$

Matritsa yozuvida model quyidagi tenglama shakliga ega

$$y = X \cdot b + u$$

Matritsa o'lchamlari:  $y$  ( $NT \times 1$ ),  $X$  ( $NT \times k$ ),  $b$  ( $k \times 1$ ),  $u$  ( $NT \times 1$ )

bu yerda

$$u_{it} = \alpha_i + \varepsilon_{it}, \quad E(u) = 0, \quad D(u) = \Omega.$$

Modelning ushbu shaklida  $u_{it}$  xatosi  $\alpha_i$  va  $\varepsilon_{it}$  ikkita komponentdan iborat. Ruxsat etilgan o'rnatilgan effektlar modelida bo'lgani kabi,  $\alpha_i$  tasodifiy effektlar ham tadqiqot mavzularida kuzatuv davomida vaqt o'tishi bilan o'zgarib qolmaydigan ba'zi bir individual xususiyatlarning mavjudligini aks ettiradi, ularni kuzatish yoki o'lchash qiyin yoki hatto imkonsizdir.

Ammo, endi bu xususiyatlarning qiymatlari tasodifiy xatoga singdirilgan, xuddi klassik regressiya modelida bo'lgani kabi, unda tasodifiy xatolarning mavjudligi modelga kiritilgan tushuntirish o'zgaruvchilarini to'liq tushuntirish uchun yetishmasligi sifatida talqin etiladi.

Bu yerda  $E(u) = 0$ ,  $D(u_{it}) = D(\alpha_i + \varepsilon_{it}) = \sigma_\alpha^2 + \sigma_\varepsilon^2$ .

Kovariatsiya matritsasi quyidagi shaklga ega

$$\Omega = \begin{bmatrix} \Sigma_{(T,T)} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \Sigma_{(T,T)} & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & \\ 0 & \dots & & \Sigma_{(T,T)} \end{bmatrix} \quad \Sigma_{(T,T)} = \begin{bmatrix} \sigma_\alpha^2 + \sigma_\varepsilon^2 & \sigma_\alpha^2 & \dots & \sigma_\alpha^2 \\ \sigma_\alpha^2 & \ddots & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & \sigma_\alpha^2 \\ \sigma_\alpha^2 & \dots & \sigma_\alpha^2 & \sigma_\alpha^2 + \sigma_\varepsilon^2 \end{bmatrix}$$

Shunday qilib, dispersiya  $y$  - bu o'zaro bog'liq bo'lmagan ikkita komponentning yig'indisi: ular dispersiya komponentlari, modelning o'zi esa tasodifiy effektlarga ega bo'lgan standart model deb nomlanadi (RE model – random effects model).

Ushbu model avvalgi ikkitasi o'rtasida kelishuvdir, chunki u birinchi modelga nisbatan cheklovsiz va ikkinchisiga qaraganda ko'proq statistik ahamiyatga ega.

Agar yuqoridagi taxminlar bajarilsa, ushbu modelning eng kichik kvadratlar usuli (GLS) metodining taxminlari xolis bo'ladi.

$$b = (X'\Omega^{-1}X)^{-1}X'\Omega^{-1}y = (\tilde{X}'\tilde{X})^{-1}\tilde{X}'\tilde{y}$$

$$\tilde{X} = (I_{NT} - (1 - \theta)B)X$$

Bu yerda B-operator o'zgaruvchilarni konvertatsiya qilish uchun ishlatiladi. “Between” operatori (B) - individual obyekt uchun vaqt o'tishi bilan o'rtacha hisoblash operatori. Masalan, B y. agar (NT,

1) o'lchamiga ega bo'lsa, u holda  $B$  (NT, NT) o'lchamlarga ega bo'ladi va

$$B \cdot y = \begin{bmatrix} \left. \begin{matrix} \bar{y}_1 \\ \vdots \\ \bar{y}_1 \end{matrix} \right\} T \text{ raz} \\ \vdots \\ \left. \begin{matrix} \bar{y}_l \\ \vdots \\ \bar{y}_l \end{matrix} \right\} T \text{ raz} \\ \vdots \\ \left. \begin{matrix} \bar{y}_N \\ \vdots \\ \bar{y}_N \end{matrix} \right\} T \text{ raz} \end{bmatrix}$$

Shuningdek, bitta "Within" (W) obyekti uchun o'rtacha vaqtdan chetlanishni hisoblash operatori mavjud.

$$W \cdot y = \begin{bmatrix} \left. \begin{matrix} y_{11} - \bar{y}_1 \\ \vdots \\ y_{1T} - \bar{y}_1 \end{matrix} \right\} T \text{ raz} \\ \vdots \\ \left. \begin{matrix} y_{i1} - \bar{y}_i \\ \vdots \\ y_{iT} - \bar{y}_i \end{matrix} \right\} T \text{ raz} \\ \vdots \\ \left. \begin{matrix} y_{N1} - \bar{y}_N \\ \vdots \\ y_{NT} - \bar{y}_N \end{matrix} \right\} T \text{ raz} \end{bmatrix}$$

Ushbu operatorlar yordamida OMNK da yangi o'zgaruvchilarga o'tish quyidagi formulalar orqali amalga oshirilishini ko'rsatish mumkin:

$$\begin{aligned} \widetilde{X}_{it} &= X_{it} - (1 - \theta)\bar{X}_i\tilde{y} = y_{it} - (1 - \theta)\bar{y}_i \\ \theta &= \frac{\sigma_\varepsilon}{\sqrt{\sigma_\varepsilon^2 + T\sigma_\alpha^2}} \end{aligned} \tag{8.7}$$

Panel ma'lumotlarini tahlil qilishda koeffitsiyentlarning taxminlarini bir necha usul bilan hisoblash odatiy holdir va olingan natijalarni

taqqoslash orqali ma'lumotlarga eng mos keladigan xususiyatni tanlash mumkin. Bunday holda, taxmin qilish uchun B operatoridan foydalaniladi: "between" baho B operatori ta'sirida o'zgartirilgan regressiya tenglamasiga OMNKn qo'llash orqali olinadi:

$$By = BXb + Bu$$

Oldingi belgilangan effektlar usuli "within" balidan foydalangan:

$$Wy = WXb + Wu$$

ya'ni W operatoridan foydalanib biz yangi o'zgaruvchilarga o'tdik - har bir qiymatdan obyekt uchun o'rtacha vaqt chiqarildi.

Tasodifiy effektli modelda  $\beta$  uchun taxminlar mavjud

$$b = (X'\hat{\Omega}^{-1}X)^{-1}X'\hat{\Omega}^{-1}y$$

bunda 
$$\hat{\Omega} = \hat{\sigma}_\varepsilon^2 \left( W + \frac{1}{\theta^2} B \right)$$

Shunday qilib, RE modelidagi birlashtirilgan eng kam kvadrat-chalar guruh ichidagi va guruhlararo o'zgaruvchanlikni hisobga oladi.

Bu faqat guruhlararo o'zgaruvchanlikni hisobga olgan holda "guruhlararo" balning o'rtacha tortilganligi va faqat guruh ichidagi o'zgaruvchanlikni hisobga olgan holda "guruh ichidagi" ball va B gacha bo'lgan koeffitsiyent guruhlararo bog'liqligini aniqlaydi.

Amalda,  $\beta$  uchun taxminlarni quyidagicha olish mumkin. Birinchidan, mavzularning har biri uchun vaqt o'tishi bilan o'rtacha qiymatini topish, so'ngra (7) formuladan foydalanib, yangi o'zgaruvchilarga o'tish.  $\theta$  ni hisoblash uchun  $\sigma_\varepsilon^2$  va  $\sigma_\alpha^2$  taxminlari talab qilinadi.

$\sigma_\varepsilon^2$  ni baholash uchun individual vositalar uchun moslashtirilgan modeldagi qoldiq dispersiya, ya'ni  $M_1$  dan foydalaniladi.

Tasodifiy effektlarning  $\sigma_\alpha^2$  dispersiyasini

$$\bar{y}_i = \mu + \bar{X}_i b + \bar{u}_i$$
 modelini baholashda,

$\hat{\beta}_B$  guruhlararo baholashga olib kelishini ta'kidlash orqali taxmin qilish mumkin.

i-guruh uchun qoldiq  $D(\bar{u}_{it}) = \sigma_\alpha^2 + \frac{\sigma_\varepsilon^2}{T}$ , dir, bu yerda biz  $\sigma_\alpha^2$  ni topamiz.

Algoritm:

$$1. \text{ toping } \bar{y}_i = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T y_{it}, \quad \bar{X}_i = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T X_{it}$$

2. olingan  $\bar{y}_i$  i  $\bar{X}_i$  uchun biz regressiya tuzamiz va qoldiq dispersiyani  $D(\bar{u}_{it})$  topamiz.

3.  $\sigma_{\alpha}^2 = D(\overline{u_{it}}) - \frac{\sigma_{\varepsilon}^2}{T}$  ( $\sigma_{\varepsilon}^2$  - bu sobit effektlar modelidagi qoldiq dispersiya) ni toping

4. toping  $\theta = \frac{\sigma_{\varepsilon}}{\sqrt{\sigma_{\varepsilon}^2 + T\sigma_{\alpha}^2}}$  i  $1 - \theta$

5. yangi o'zgaruvchilarga o'ting  $\widetilde{X}_{it} = X_{it} - (1 - \theta)\bar{X}_i$   $\widetilde{y} = y_{it} - (1 - \theta)\bar{y}_i$

6. biz ular asosida regressiya tuzamiz va tasodifiy effektli modeldagi  $\beta$  - koeffitsiyentlarining taxminlarini olamiz.

**BroYsh-Pagan** testi modelni tasodifiy effektlar bilan uchgacha regressiya bilan solishtirish uchun ishlatiladi Bu RE-model doirasida (standart taxminlar bilan), guruhlararo xatolar dispersiyasi nolga teng bo'lgan gipotezani sinash mezonidir:

$H_0: \sigma_{\alpha}^2 = 0$  – Pula modeliga qisqartirish.

BroYsh - Pagan sinovlari statistikasi

$$BP = \frac{NT}{2(T-1)} \left[ \frac{\sum_{i=1}^N (\sum_{t=1}^T \varepsilon_{it})^2}{\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \varepsilon_{it}^2} - 1 \right]^2$$

BroYsh - Pagan sinovlari statistikasi  $\chi^2(1)$  ga taqsimlanadi. Shunga ko'ra, agar BP statistikasing kuzatilgan qiymati  $\chi^2$  taqsimotidan (1) hisoblangan tanqidiy qiymatdan oshib ketgan bo'lsa,  $H_0$  gipotezasi tasodifiy effektli model foydasiga rad etiladi.

Ruxsat etilgan yoki tasodifiy effektli modellarni tanlash.

Avvalo, doimiy yoki tasodifiy effektlarga ega modellarning ilgari qayd etilgan xususiyatlarini eslaylik.

- **FE:** topilmalar namunadagi  $a_i$  ta'sirining qiymatlariga nisbatan shartli; bu ushbu qiymatlarni ba'zi bir keng aholi (populyatsiya) ning tasodifiy tanlovi deb hisoblash mumkin bo'lmagan holatlarga mos keladi. Ushbu talqin tadqiqot subyektlari mamlakatlar, yirik kompaniyalar yoki korxonalar, ya'ni har bir mavzu "o'z yuziga ega".

- **RE:** topilgan ma'lumotlar  $a_i$  ta'sirining populyatsiyasiga nisbatan shartsizdir. Tadqiqotchini aniq mavzular emas, balki o'ziga xos xususiyatlarga ega bo'lgan shaxssiz mavzular qiziqtiradi.

**Xausman testi** tasodifiy effektlar modelini o'rnatilgan effektlar modeli bilan taqqoslash uchun ishlatiladi. Tasodifiy effekt modeli faqat



tasodifiy ta'sir regressorlar bilan o'zaro bog'liq bo'lmagan taqdirda amal qiladi.

Ushbu talab ko'pincha buziladi. Yuqorida ko'rsatganidek, bunday korrelyatsiyani hisobga olish regressiyaga olib keladi, unda qiyalik koeffitsiyentlarining OLS "ichida" baholariga to'g'ri keladi. Sinov quyidagi gipotezalarni sinovdan o'tkazadi:

$$H_0: cov(\alpha_i, X_{it}) = 0$$

$$H_1: cov(\alpha_i, X_{it}) \neq 0$$

Kiritish orqali bir vaqtning o'zida Hausman testining bir nechta versiyasini ishga tushirishimiz mumkin

$$q_1 = \hat{b}_W - \hat{b}_{OMNK} \quad q_2 = \hat{b}_W - \hat{b}_V \quad q_3 = \hat{b}_{OMNK} - \hat{b}_V$$

Uchchala variant uchun ham mezon tekshiriladi

$$m = q' \Omega^{-1} q$$

va u taqsimlanadi  $\chi^2(k)$ .

Agar siz  $H_0$  mintaqasida qolsangiz, tasodifiy effektlar bilan RE modelidan foydalanishingiz kerak.

Agar biz muhim mintaqada bo'lsak, FE modelini o'rnatilgan effektlar bilan ishlatishimiz kerak.

### **Nazorat 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?

## **IX BOB. EKSPERT TADQIQOTLARINI O‘TKAZISH VA EKSPERT BAHOLARINI TAHLIL QILISH UCHUN EKONOMETRIK USULLAR**

### **Ekspert baholash usullarining tasnifi va umumiy xususiyatlari**

Ekspert jamoasi yordami bilan prognozlashni yo‘lga qo‘yishi uchun asosan quydagilarga e’tibor berishi lozim:

- malakali ekspert guruhlarini shakllantirish;
- ekspertizalarni tayyorlash va o‘tkazish;
- olingan hujjatlar yordamida statistik hisoblashlarni o‘tkazish.

Ekspert baholashning barcha usullari ikkita sinfga bo‘linishi kerak:

1. Shaxsiy ekspert baholarini shakllantirish usullari va individual ekspertlardan foydalanish mumkin: intervyu kabi ma'lumotlarni olish; savol-javob prinsipi bo'yicha bepul suhbat, suhbat; ko'ndalang so'rov va boshqalar. Ikkala taqqoslash usulida dastlabki ma'lumotlarni to'plash va boshqalar. Qaror qabul qiluvchilar va tizim tahlilchilari bilan maslahatlashish uchun.

2. Kollektiv ekspert baholarini shakllantirish usullari va ekspertlar guruhidan foydalanish mumkin:

- davra suhbatida jamoaviy ish uchun (komissiyalar usuli –ma'lum bir masalani hal qilish uchun yig'ilish; aqliy hujumlar usuli; hukm usuli va boshqalar);

- Delfi usulida dastlabki ma'lumotlarni to'plash va h.k.;
- ishbilarmonlik o'yini uchun;
- ssenariyni ishlab chiqish;
- maqsad daraxtni qurish uchun.

Delfi usuli ekspert baholashning eng istiqbolli usullaridan biridir. Bu anketalar yordamida mutaxassislarning ketma-ket individual so'rovlarini sinchkovlik bilan ishlab chiqilgan tartibiga asoslanadi. So'rovnomalar mutaxassislarni ilgari olingan javoblarni qayta ishlash natijalari to'g'risida doimiy ravishda xabardor qilish bilan birga keladi. Ekspertiza ekspertlar hukmlarida maqbul konvergensiya hosil bo'lguncha bir necha turda amalga oshiriladi. Ekspertlarning yakuniy javoblarining mediani jamoaviy ekspert bahosi sifatida qabul qilinadi.

Delfi usuli kompyuterlardan foydalanish va uni boshqa usullar bilan birgalikda qo'llash orqali doimiy ravishda takomillashib boradi. Usulning yangi modifikatsiyalari ko'p qirralilikni ta'minlaydi, jamoaviy ekspert baholarini olishning tezligi va aniqligi (Delfi usuli - konferensiya va boshqalar).

Evristik ma'lumotni rasmiylashtirish tamoyillari

Mutaxassislardan olingan evristik ma'lumotlar qayta ishlash va tahlil qilish uchun qulay bo'lgan yuqori sifatli shaklda taqdim etilishi kerak. Bunday holda, evristik ma'lumotni rasmiylashtirish uchun quyidagi masshtab turlari qo'llaniladi:

1)o'rganilayotgan obyektlarni ma'lum raqamlar yordamida o'rganishga imkon beruvchi tasniflar shkalasi;

2)o'rganilayotgan obyektlarga istalgan mezon bo'yicha buyurtma berishga imkon beradigan tartib shkalasi;

3)o'rganilayotgan obyektlarga nisbiy son qiymatlarini berishga imkon beradigan intervallar shkalasi;

4)o'rganilayotgan obyektlarga mutlaq sonli qiymatlarni berishga imkon beradigan munosabatlar ko'lam.

Evristik ma'lumotni rasmiylashtirish uchun tarozilarga misol:

| Lingvistik baholar | Bal baholari | E. Xarrington shkalasi |
|--------------------|--------------|------------------------|
| Zo'r               | 5            | 0,8-1                  |
| yaxshi             | 4            | 0,63-0,8               |
| Qoniqarli          | 3            | 0,37-0,63              |
| yomon              | 2            | 0,2-0,37               |
| Juda yomon         | 1            | 0-0,2                  |

Xarrington shkalasi foydali funksiya shaklida analitik tavsifga ega:

$$y = \exp[-\exp(-x)], 0 \leq y \leq 1,$$

bu yerda  $x$  -  $[-6; 6]$  oralig'idagi tekshirilgan qiymat.

Xarrington shkalasi yordamida har xil o'lchovlarga ega bo'lgan vektorli baholarni o'lchovsiz shaklga keltirish mumkin.

### 9.1. Juft taqqoslash usuli

Usul maqsadlarni baholaydigan mutaxassisdan foydalanishni o'z ichiga oladi.  $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$ .

Usulga ko'ra, maqsadlarni juft taqqoslash barcha mumkin bo'lgan kombinatsiyalarda amalga oshiriladi. Har bir juftlikda eng ko'p afzal qilingan maqsad ta'kidlangan. Va bu afzallik shkala bo'yicha reyting yordamida ifodalanadi. Baholash matritsasini qayta ishlash maqsadlarning nisbiy ahamiyatini tavsiflovchi og'irliklarni topishga imkon beradi.

Usulning mumkin bo'lgan modifikatsiyalaridan biri quyidagicha:

1) ikkilik imtiyozlar matritsasi tuzilgan bo'lib, unda mantiqiy o'zgaruvchilar mantiqiy o'zgaruvchilar yordamida ifoda etilgan;

2) har bir golning narxi mantiyaning o'zgaruvchilarini matritsaning tegishli qatoriga yig'ish orqali aniqlanadi.

#### Misol

Mutaxassis transport muammosini hal qilish bilan bog'liq bo'lgan 4 ta maqsadni baholaydi:

- $Z_1$  - metro qurish
- $Z_2$  - 2 qavatli avtobus sotib olish
- $Z_3$  - transport tarmog'ini kengaytirish
- $Z_4$  - tezkor tramvayga kirish

Ikkilik imtiyozlar matritsasini tuzamiz:

| $Z_i/Z_j$ | $Z_1$ | $Z_2$ | $Z_3$ | $Z_4$ |
|-----------|-------|-------|-------|-------|
| $Z_1$     |       | 1     | 1     | 1     |
| $Z_2$     | 0     |       | 0     | 0     |
| $Z_3$     | 0     | 1     |       | 1     |
| $Z_4$     | 0     | 1     | 0     |       |

Har bir gol narxini aniqlang (satrlar bo'yicha qo'shing)

$$C_1 = 3; C_2 = 0; C_3 = 2; C_4 = 1$$

Ushbu raqamlar allaqachon obyektlarning ahamiyatini tavsiflaydi. Biz normallashtiramiz, chunki ushbu raqamlardan foydalanish qulay emas.

Maqsadlarning og'irliklarini ulushi.

$$v_1 = 3/6 = 0,5; v_2 = 0; v_3 = 0,33; v_4 = 0,17$$

Tekshiring:  $v_i$  yig'indisi 1 ga teng bo'lishi kerak.

Shuning uchun biz maqsadlarni afzal ko'rish tartibini olamiz:  $Z_1, Z_3, Z_4, Z_2$

## 9.2. Ketma-ket taqqoslash usuli

ITCda ushbu usulni amalga oshiradigan dastur mavjud. Dizayn uchun odatiy muammo.

Usulning mumkin bo'lgan modifikatsiyalaridan biri quyidagicha:

1. Barcha maqsadlar massivda ahamiyatining kamayib boruvchi tartibida joylashtirilgan va maqsadlarni oldindan baholash belgilanadi. Bunday holda, massivning birinchi maqsadi 100 ball oladi, qolgan gollarga esa ularning ahamiyatini aks ettiruvchi ballar beriladi.

2. Massivning birinchi nishoni, quyida keltirilgan maqsadlarning barcha mumkin bo'lgan kombinatsiyalari bilan taqqoslanadi. Agar kerak bo'lsa, birinchi nishonning bahosi tuzatiladi. Massivning ikkinchi maqsadi quyidagi maqsadlarning barcha mumkin bo'lgan kombinatsiyalariga nisbatan 2 ga taqqoslanadi. Agar kerak bo'lsa, 2-golni baholash to'g'rilanadi va hokazo.

3. Tuzatilgan taxminlar yozib olinadi va ular asosida maqsad og'irliklari hisoblanadi.

Ekspert transport muammosini hal qilish bilan bog'liq bo'lgan 4 ta maqsadni baholaydi (2.3 ga qarang).

Maqsadlarni massiv shaklida joylashtiramiz va  $Z_1, Z_3, Z_4, Z_2$  taxminiy baholarini tayinlaymiz (men buni sezgi orqali joylashtirdim). Biz fikrlarni o'rnatdik:  $p_1 = 100, p_3 = 60, p_4 = 40, p_2 = 10$

Biz maqsadlarni taqqoslaymiz va ularning taxminlarini tuzatamiz

$$Z_1(Z_3/Z_4)$$

$$Z_1(Z_3/Z_2)$$

$$\begin{matrix} Z_1(Z_4/Z_2) \\ Z_3(Z_4/Z_2) \end{matrix}$$

(ya'ni maqsad Z1 Z3 va Z4 kombinatsiyasi bilan taqqoslanadi) ...

Men metroni qurish 3 va 4 dan yaxshiroq ekanligiga ishonaman, lekin  $3 + 4 = 100$  ni beradi, shuning uchun biz taxminlarni to'g'rilaymiz:  $p_1 = 125$ ;  $p_3 = 60$ .

Keling, tuzatilgan taxminlarni yozamiz va maqsadli og'irliklarni hisoblaymiz:

$$p_1 = 125; p_3 = 60; p_4 = 40; p_2 = 10;$$

$$v_1 = 125 / \text{barcha reytinglar yig'indisi} = 0,54; v_3 = 0,25; v_4 = 0,17; v_2 = 0,04$$

$v_1$  yig'indisi 1 ga teng bo'lishi kerak.

Shuning uchun biz maqsadlarga ustunlik tartibini olamiz: Z1, Z3, Z4, Z2

### 9.3. Ekspert baholarini tortish usuli

Muammoni shakllantirish:

M eksperti bo'lsin:  $E_1, E_2, E, E_m$ , ular kompetensiya ko'rsatkichlari bilan tavsiflanadi:  $R_1, R_2, \dots, R_m$ .

Har bir mutaxassis boshqa mutaxassislardan mustaqil ravishda maqsadlarni baholaydi.  $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$ .

M mustaqil tekshiruvlari natijasida maqsadli og'irliklar matritsasi  $V_p$  olingan:

| $\Xi_i/Z_i$ | $Z_1$            | $Z_2$            | ... | $Z_n$            |
|-------------|------------------|------------------|-----|------------------|
| $\Xi_1$     | $\vartheta_{11}$ | $\vartheta_{12}$ | ... | $\vartheta_{1n}$ |
| $\Xi_2$     | $\vartheta_{21}$ | $\vartheta_{22}$ | ... | $\vartheta_{2n}$ |
| ...         | ...              | ...              | ... | ...              |
| $\Xi_m$     | $\vartheta_{m1}$ | $\vartheta_{m2}$ | ... | $\vartheta_{mn}$ |

Mutaxassislarning malakasi ko'plab omillarga bog'liq:

- egallab turgan lavozimi;
- ilmiy daraja;
- ilmiy unvon;
- amaliy ish tajribasi;
- ilmiy ishlar soni;
- fan va texnika yutuqlarini bilish;
- muammolar va rivojlanish istiqbollarini tushunish va boshqalar.

Agar faqat dastlabki ikkita omil hisobga olinadigan bo'lsa, u holda mutaxassislarning vakolatlarini baholash matritsasini taklif qilish mumkin.

| Lavozim                                            | (R <sub>j</sub> )                |             |             |          |
|----------------------------------------------------|----------------------------------|-------------|-------------|----------|
|                                                    | fan nomzodi bo'lmagan mutaxassis | fan nomzodi | fan doktori | akademik |
| Bosh muhandis                                      | 1                                | —           | —           | —        |
| Katta ilmiy xodim, ilmiy xodim, kichik ilmiy xodim | 1                                | 1,5         | —           | —        |
| Bosh olim., Yetakchi tadqiqotchi                   | —                                | 2,25        | 3           | —        |
| Laboratoriya, sektor mudiri                        | 2                                | 3           | 4           | 6        |
| Bo'lim boshlig'i, o'rinbosar                       | 2,5                              | 3,75        | 5           | 7,5      |
| Kompleks, bo'lim boshlig'i                         | 3                                | 4,5         | 6           | 9        |
| Direktor, o'rinbosar                               | 4                                | 6           | 8           | 12       |

$R_1 = (0,1 \cdot R_u + R_a)/2$  formulalarini qo'llashga asoslangan mutaxassislarning malakasini baholash metodologiyasini ko'rib chiqing.

$R_u$  va  $R_a$  - bu hal qilinayotgan muammo bo'yicha mutaxassisning bilim va dalil ko'effitsiyentlari.  $R_u$  ko'effitsiyenti yechilayotgan muammo bo'yicha mutaxassisning o'zini o'zi baholashi asosida aniqlanadi.

- $R_u = 0$  - mutaxassis bu muammoni umuman bilmaydi;
- $R_u = 1/3$  - mutaxassis muammo bilan yuzaki tanish, ammo bu uning manfaatlari atrofida;
- $R_u = 4/6$  - ekspert muammo bilan tanish, ammo uning yechimida bevosita ishtirok etmaydi;
- $R_u = 7/9$  - mutaxassis muammo bilan tanish va uni hal qilishda bevosita ishtirok etadi;
- $R_u = 10$  - mutaxassis muammoni juda yaxshi biladi.

$R_u$  quyidagi jadvaldagi mutaxassisning belgilariga binoan ballarni yig'ish natijasida aniqlanadi:

| Argumentlar manbalari                                         | Manba sizning fikringizga qanchalik ta'sir qiladi |       |      |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------|------|
|                                                               | yuqori                                            | o'rta | past |
| Sizning nazariy tahlilingiz                                   | 0,3                                               | 0,2   | 0,1  |
| Sizning ishlab chiqarish tajribangiz                          | 0,5                                               | 0,4   | 0,2  |
| Mahalliy mualliflarning asarlarini umumlashtirish             | 0,05                                              | 0,05  | 0,05 |
| Chet el mualliflari asarlarini umumlashtirish                 | 0,05                                              | 0,05  | 0,05 |
| Chet eldagi ishlar holati bilan sizning shaxsiy tanishuvingiz | 0,05                                              | 0,05  | 0,05 |
| Sizning sezgi                                                 | 0,05                                              | 0,05  | 0,05 |

O'zgartirilgan afzallik matritsasi tuzilgan. Baholar bilan

$$K_{ji} = n - k_{ji} \quad (j=1,m, i=1,n)$$



Har bir maqsad uchun imtiyozlarning umumiy hisob-kitoblari quyidagicha:

$$K_{ji} = \sum k_{ji} \quad (i=1,n)$$

Dastlabki maqsadli ogʻirliklar hisoblanadi:

$$\omega_i = K_i / \sum K_i \quad (i=1,n, \text{ где } \sum \omega_i = 1)$$

*Misol.*

Ikki mutaxassis  $\mathfrak{D}_1$  va  $\mathfrak{D}_2$  4 ta golni baholashni boshlashadi:  $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4$ . Ikki mustaqil tekshiruv natijasida maqsadli ogʻirliklar matritsasi olindi:

| $\mathfrak{D}_j/Z_i$  | $Z_1$ | $Z_2$ | $Z_3$ | $Z_4$ |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
| $\mathfrak{D}_1(R_1)$ | 0,5   | 0     | 0,33  | 0,17  |
| $\mathfrak{D}_2(R_2)$ | 0,54  | 0,04  | 0,2   | 0,17  |

Jadvaldan foydalanib, mutaxassislarning vakolatlarini baholashni aniqlaylik:

$\mathfrak{D}_1$  (kompleks rahbari, fan nomzodi)  $\rightarrow R_1 = 4.5$

$\mathfrak{D}_2$  (direktor fan doktori)  $\rightarrow R_2 = 8$

Keling, ekspertlar vakolatining nisbiy baholarini hisoblab chiqamiz:

$$Z_1 = 4,5 / 12,5 = 0,36$$

$$Z_2 = 8 / 12,5 = 0,64$$

Keling, kerakli ogʻirliklarni topaylik:

$$\omega_1 = 0,5 \cdot 0,36 + 0,54 \cdot 0,64 = 0,53$$

$$\omega_2 = \dots = 0,02$$

$$\omega_3 = \dots = 0,28$$

$$\omega_4 = \dots = 0,17$$

Bu yerda  $\omega_i$  yig'indisi 1 ga teng bo'lishi kerak.

Shuning uchun biz maqsadlarning afzalliklarini olamiz:  $Z_1, Z_3, Z_4, Z_2$

### Afzallik usuli

Muammoni hal qilish: mutaxassislarga ega bo'lsin:  $E_1, E_2, \dots, E_m$  va  $n$  maqsadlar:  $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$ . Har bir mutaxassis maqsadlarni tabiiy sonlar yordamida baholaydi. Eng muhim nishonga 1, -2 dan kam va hokazo belgilanadi. Bunday sharoitda maksimal nishon og'irliklari quyidagicha aniqlanadi:

1. Dastlab afzallik matritsasi tuzilgan.

| $\Theta_j/Z_i$ | $Z_1$    | $Z_2$    | ... | $Z_n$    |
|----------------|----------|----------|-----|----------|
| $\Theta_1$     | $k_{11}$ | $k_{12}$ | ... | $k_{1n}$ |
| $\Theta_2$     | $k_{21}$ | $k_{22}$ | ... | $k_{2n}$ |
| ...            | ...      | ...      | ... | ...      |
| $\Theta_m$     | $k_{m1}$ | $k_{m2}$ | ... | $k_{mn}$ |

$$1 \leq k_{ij} \leq n \quad (j=1, m, i=1, n)$$

2. O'zgartirilgan afzallik matritsasi tuzilgan. Baholar bilan

$$K_{ji} = n - k_{ji} \quad (j=1, m, i=1, n)$$

3. Har bir maqsad uchun imtiyozlarning umumiy baholari quyidagicha:

$$k_{ji} = \sum k_{ji} \quad (i=1, n)$$

4. Dastlabki nishon og'irliklari hisoblanadi

$$\omega_i = K_i / \sum K_i \quad (i=1, n), \text{ где } \sum \omega_i = 1$$

### Misol

Maqsadlarning og'irliklarini ish uchun afzallik usuli bilan topaylik:  $m = 2$  va  $n = 6$  (ya'ni 2 ta mutaxassis va 6 ta gol).

1. Dastlab afzallik matritsasi:

| $\Theta_j/Z_i$ | $Z_1$ | $Z_2$ | $Z_3$ | $Z_4$ | $Z_5$ | $Z_6$ |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\Theta_1$     | 1     | 3     | 2     | 6     | 5     | 4     |
| $\Theta_2$     | 2     | 4     | 1     | 5     | 6     | 3     |

2. O'zgartirilgan afzallik matritsasi:

| $\Theta_j/Z_i$ | $Z_1$ | $Z_2$ | $Z_3$ | $Z_4$ | $Z_5$ | $Z_6$ |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\Theta_1$     | 5     | 3     | 4     | 0     | 1     | 2     |
| $\Theta_2$     | 4     | 2     | 5     | 1     | 0     | 3     |

3. Umumiy imtiyozli ballar:

$$K_1 = 9; K_2 = 5; K_3 = 9;$$

$$K_4 = 1; K_5 = 1; K_6 = 5;$$

4. Istalgan maqsadli og'irliklar:

$$\omega_1 = 9/\text{summa} = 0,3; \omega_2 = 0,166; \omega_3 = 0,3$$

$$\omega_4 = 0,033; \omega_5 = 0,033; \omega_6 = 0,166$$

#### 9.4. Rank darajasi

$\Theta_1, \Theta_2, \dots, \Theta_m$  va  $n$   $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$  maqsadlari bo'yicha mutaxassislar bo'lsin. Har bir mutaxassis 10 balli shkala yordamida maqsadlarni baholaydi va baholar ham butun, ham kasrli bo'lishi mumkin. Bunday sharoitda maqsadli og'irliklar quyidagicha aniqlanadi:

1. Ekspert baholari matritsasi tuziladi:

| $\Theta_j/Z_i$ | $Z_1$    | $Z_2$    | ... | $Z_n$    |
|----------------|----------|----------|-----|----------|
| $\Theta_1$     | $p_{11}$ | $p_{12}$ | ... | $p_{1n}$ |
| $\Theta_2$     | $p_{21}$ | $p_{22}$ | ... | $p_{2n}$ |
| ...            | ...      | ...      | ... | ...      |
| $\Theta_m$     | $p_{m1}$ | $p_{m2}$ | ... | $p_{mn}$ |

$$2. 0 \leq p_{ji} \leq 10 \quad (j=1, m, i=1, n)$$

3. Normallashtirilgan taxminlar matritsasi tuziladi:

$$\omega = p_{ji} / \sum p_{ji} \quad (j=1, m, i=1, n)$$

4. Kerakli nishon og'irliklari hisoblanadi:

$$\omega_i = \sum \omega_{ij} / \sum \sum \omega_{ij} \quad (i=1, n \quad \sum \omega_i = 1)$$

### Misol

M = 2 va n = 6 holatlar uchun nishon og'irliklarini toping

1. Ekspert baholari matritsasi:

| $\Theta_j/Z_i$ | $Z_1$ | $Z_2$ | $Z_3$ | $Z_4$ | $Z_5$ | $Z_6$ |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\Theta_1$     | 10    | 7     | 9     | 3     | 4     | 5     |
| $\Theta_2$     | 8     | 6     | 10    | 4     | 2     | 7     |

2. Normallashtirilgan taxminlar matritsasi:

| $\Theta_j/Z_i$ | $Z_1$ | $Z_2$ | $Z_3$ | $Z_4$ | $Z_5$ | $Z_6$ |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\Theta_1$     | 10/38 | 7/38  | 9/38  | 3/38  | 4/38  | 5/38  |
| $\Theta_2$     | 8/37  | 6/37  | 10/37 | 4/37  | 2/37  | 7/37  |

3. Kerakli nishon og'irliklari:

$$\omega_1 = (10/38 + 8/37)/2 = 0,239; \omega_2 = \dots = 0,173; \omega_3 = \dots = 0,254$$

$$\omega_4 = \dots = 0,093; \omega_5 = \dots = 0,079; \omega_6 = \dots = 0,16$$

## 9.5. To'liq juftlik bilan moslashtirish usuli

Muammolarni bayon qilish:  $A_1, E, E_m$  va  $n \times Z_1, Z_2, \dots, Z_n$  mutaxassislari bo'lsin. Har bir mutaxassis oldinga va teskari yo'nalishdagi maqsadlarni juftlik bilan taqqoslashni amalga oshirish, chastotalar matritsasini, maqsadlarning bir-biridan ustunligini va ekslaypert xulosalarini formuli. Oldinga va orqaga yo'nalishlarda, davolash. Biz ishlash diagonali qismni boshqarishamiz. Bu aniqroq usul. Bunday sharoitda maqsadli faoliyatlarni amalga oshirishda aniqlanadi:

1. Chastotali matritsalar shakllantiriladi (har bir mutaxassislikni amalga oshiradigan matritsasini boshqarishadi). Chastotalarning ma'nosi: bitta maqsadning boshqasidan ustunligini tavsiflaydi.

| $\Theta_j$ | $Z_1$          | $Z_2$          | ... | $Z_n$          |
|------------|----------------|----------------|-----|----------------|
| $Z_1$      |                | $f(z_1/z_2)_j$ | ... | $f(z_1/z_n)_j$ |
| $Z_2$      | $f(z_2/z_1)_j$ |                | ... | $f(z_2/z_n)_j$ |
| ...        | ...            | ...            |     | ...            |
| $Z_n$      | $f(z_n/z_1)_j$ | $f(z_n/z_2)_j$ | ... |                |

2. Afzalliklar baholari aniqlanadi:

$$\vartheta_{kj} = f_{ki}/N, \text{ hammasi uchun } (k=1,n, j=1,m)$$

Avval biz j va boshqalarni o‘rnatdik.

3. Normallashtirilgan taxminlarni aniqladi:

$$f_{kj} = \sum (Z_k/Z_l)_j \quad (l \neq k, k=1,n, j=1,m)$$

4. Kerakli nishon og‘irliklari hisoblanadi:

$$\omega_k = \sum \vartheta_{kj} / \sum \sum \vartheta_{kj} \quad (k=1,n), \text{ где } \sum \omega_k = 1$$

### Misol

M = 2 va n = 6 holatlar uchun to‘liq juftlik bilan taqqoslash usuli bilan maqsadli og‘irliklarni topaylik, shkala kattaligi 30 ga teng (ya'ni, 30 dan 29 holatda  $Z_1$  afzal). Siz mutaxassislarning baholarini sozlashingiz mumkin, ya'ni.  $Z_1 > Z_2 + Z_2$  va  $Z_1 = 1$ .

$\Theta_1$  ekspertining baholari:

| $\Theta_1$ | $Z_1$ | $Z_2$ | $Z_3$ | $Z_4$ | $Z_5$ | $Z_6$ |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $Z_1$      |       | 29/30 | 27/30 | 1     | 1     | 29/30 |
| $Z_2$      | 1/30  |       | 1/30  | 1     | 29/30 | 21/30 |
| $Z_3$      | 3/30  | 28/30 |       | 1     | 29/30 | 29/30 |
| $Z_4$      | 0     | 1/30  | 1/30  |       | 1/30  | 0     |
| $Z_5$      | 1/30  | 0     | 1/30  | 23/30 |       | 1/30  |
| $Z_6$      | 1/30  | 4/30  | 1/30  | 1     | 28/30 |       |

1.  $\Xi_2$  ekspertining baholari:

| $\Xi_2$ | $Z_1$ | $Z_2$ | $Z_3$ | $Z_4$ | $Z_5$ | $Z_6$ |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $Z_1$   |       | 28/30 | 1/30  | 29/30 | 1     | 26/30 |
| $Z_2$   | 1/30  |       | 0     | 29/30 | 29/30 | 2/30  |
| $Z_3$   | 1     | 1     |       | 1     | 1     | 29/30 |
| $Z_4$   | 1/30  | 0     | 0     |       | 27/30 | 1/30  |
| $Z_5$   | 0     | 1/30  | 1/30  | 2/30  |       | 0     |
| $Z_6$   | 5/30  | 29/30 | 1/30  | 29/30 | 1     |       |

2. Afzalliklar bahosi:

$$f_{11} = 145/30 \quad f_{12} = 114/30$$

$$f_{21} = 88/30 \quad f_{22} = 61/30$$

$$f_{31} = 119/30 \quad f_{32} = 149/30$$

$$f_{41} = 3/30 \quad f_{42} = 29/30$$

$$f_{51} = 32/30 \quad f_{52} = 4/30$$

$$f_{61} = 64/30 \quad f_{62} = 94/30$$

3. Normallashtirilgan taxminlar:

$$N = 6 \cdot 5 = 30$$

$$V_{11} = 145/30/30; \quad V_{12} = 114/30/30$$

$$V_{21} = 88/30/30; \quad V_{22} = 61/30/30$$

$$V_{31} = 119/30/30; \quad V_{32} = 149/30/30$$

$$V_{41} = 3/30/30; \quad V_{42} = 29/30/30$$

$$V_{51} = 32/30/30; \quad V_{52} = 4/30/30$$

$$V_{61} = 64/30/30; \quad V_{62} = 99/30/30$$

4. Qidirilmoq maqsad og'irliklari:

$$\omega_1 = (145/900 + 114/900) / (902/900) = 0,287$$

$$\omega_2 = \dots = 0,165$$

$$\omega_3 = \dots = 0,297$$

$$\omega_4 = \dots = 0,035$$

$$\omega_5 = \dots = 0,04$$

$$\omega_6 = \dots = 0,175$$

## 9.6. Issiqxonalarni taqqoslash yordamida loyihalar reytingi

$\Xi_1, \Xi_2, \dots, \Xi_m$  va  $n \Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_n$  loyihalari bo'yicha  $m$  mutaxassislari bor, ular baholanishga to'g'ri keladi. Buni aniqlash uchun 4 ta mutaxassis  $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3, \Pi_4$  loyihalarining ahamiyatini

baholaydilar. Loyihalarni ix ahamiyati bo'yicha saralashga imkon beradigan o'zaro baholash usulini ko'rib chiqing:

1. Mutaxassislari x ning ishonchliligini birlik nuqtai nazaridan baholab, muhim loyihalarni taqqoslashni amalga oshirmoqdalar.

| $\{\Theta_j\}$ | $\pi_1 \Leftrightarrow \pi_2$ |     | $\pi_1 \Leftrightarrow \pi_3$ |      | $\pi_1 \Leftrightarrow \pi_4$ |     | $\pi_2 \Leftrightarrow \pi_3$ |     | $\pi_2 \Leftrightarrow \pi_4$ |     | $\pi_3 \Leftrightarrow \pi_4$ |     |
|----------------|-------------------------------|-----|-------------------------------|------|-------------------------------|-----|-------------------------------|-----|-------------------------------|-----|-------------------------------|-----|
| $\Theta_1$     | 0,4                           | 0,6 | 0,65                          | 0,35 | 0,5                           | 0,5 | 0,6                           | 0,4 | 0,7                           | 0,3 | 0,6                           | 0,4 |
| $\Theta_2$     | 0,3                           | 0,7 | 0,55                          | 0,45 | 0,6                           | 0,4 | 0,7                           | 0,3 | 0,6                           | 0,4 | 0,6                           | 0,4 |
| $\Theta_3$     | 0,4                           | 0,6 | 0,5                           | 0,5  | 0,7                           | 0,3 | 0,6                           | 0,4 | 0,6                           | 0,4 | 0,5                           | 0,5 |
| $\Theta_4$     | 0,5                           | 0,5 | 0,5                           | 0,5  | 0,6                           | 0,4 | 0,5                           | 0,5 | 0,7                           | 0,3 | 0,7                           | 0,3 |
| $\Sigma$       | 1,6                           | 2,4 | 2,2                           | 1,8  | 2,4                           | 1,6 | 2,4                           | 1,6 | 2,6                           | 1,4 | 2,4                           | 1,6 |

2. Boshqa barcha loyihalardan birining loyihasini afzalligini tavsiflovchi taxminlarni toping

$$f^{(1)} = 1,6 + 2,2 + 2,4 = 6,2$$

$$f^{(2)} = 2,4 + 2,4 + 2,6 = 7,4$$

$$f^{(3)} = 1,8 + 1,6 + 2,4 = 5,8$$

$$f^{(4)} = 1,6 + 1,4 + 1,6 = 4,6$$

3. Loyiha og'irliklari quyidagicha hisoblanadi:

$$\omega_1 = 0,26; \omega_2 = 0,31; \omega_3 = 0,24; \omega_4 = 0,19$$

4. Olingan og'irliklar loyihalarni ahamiyatiga qarab saralashga imkon beradi.

P1, P2, P3, P4 - yechim natijasi. Haqiqiy vaqt tizimidan foydalaniladi (samolyotlar).

### **Perstone usuli bo'yicha mezonlarni ahamiyati bo'yicha**

Baholanadigan A1, A2, ..., Em va n mezonlari K1, K2, ..., Kn m mutaxassislari bo'lsin.

Aniqlik uchun 10 ta mutaxassis 4 ta K1, K2, K3, K4 mezonlarining ahamiyatini baholaydi deb taxmin qilamiz.

Keling, mezonlarni ahamiyatiga qarab saralashga imkon beradigan ekspert baholash uslubini ko'rib chiqaylik.

1. Mutaxassislar mezonlarning ahamiyatini tabiiy sonlar yordamida baholaydilar, ya'ni. Birinchi mutaxassis K3 mezonini eng muhim deb hisoblaydi (ya'ni shaxsiy reytingni olgan):

| $\{\Theta_j\}$ | $\{K_i\}$ |       |       |       |
|----------------|-----------|-------|-------|-------|
|                | $K_1$     | $K_2$ | $K_3$ | $K_4$ |
| $\Theta_1$     | 3         | 2     | 1     | 4     |
| $\Theta_2$     | 1         | 2     | 3     | 4     |
| $\Theta_3$     | 3         | 1     | 2     | 4     |
| $\Theta_4$     | 1         | 2     | 3     | 4     |
| $\Theta_5$     | 3         | 1     | 2     | 4     |
| $\Theta_6$     | 3         | 1     | 2     | 4     |
| $\Theta_7$     | 3         | 2     | 4     | 1     |
| $\Theta_8$     | 3         | 4     | 1     | 2     |
| $\Theta_9$     | 2         | 4     | 1     | 3     |
| $\Theta_{10}$  | 2         | 1     | 3     | 4     |

2. Juft taqqoslashda mezonlarning afzalligini tavsiflovchi fikr chastotalari:

| $f_{ik}$ | $K_1$ | $K_2$ | $K_3$ | $K_4$ |
|----------|-------|-------|-------|-------|
| $K_1$    |       | 0,4   | 0,4   | 0,8   |
| $K_2$    | 0,6   |       | 0,7   | 0,7   |
| $K_3$    | 0,6   | 0,3   |       | 0,9   |
| $K_4$    | 0,2   | 0,3   | 0,1   |       |

3. Biz olamiz: biz  $K_1$  va  $K_2$  ni tavsiflovchi taxminlarni olamiz. Biz  $K_1$  necha marta  $K_2$  dan ustun bo'lganini hisoblaymiz, ya'ni: 4 ta 10 ta holatdan, shuning uchun  $4/10 = 0,4$

$$4. D_{cj} = \sum (C_{jk} - C_k)^2 / (n - 1), (j=1, m),$$

$$D_{ck} = \sum (C_{jk} - C_k)^2 / (m - 1), (k=1, n),$$

bu yerda  $C_k = \sum C_{jk} / n$  - tizimning K-versiyasining kollektiv bahosi. Tarqoqlik.  $D_{cj}$  har bir alohida ekspertning xulosalari ekspertlar guruhining jamoaviy qarorlariga yaqinligi haqida ma'lumot beradi va



Dck dispersiyasi mutaxassislar guruhining tizimning K-variantini baholashdagi izchillik darajasini tavsiflaydi.

5. Dcj va Dck dispersiyalarining anomal qiymatlari aniqlangan. Dcj ning yetarlicha katta farqlari bilan tegishli mutaxassislarga o'z nuqtai nazarini himoya qilish imkoniyati beriladi. Dck dispersiyalarining ko'payishiga olib keladigan sabablar tahlil qilinadi. Agar dispersiya qiymatlari imtihon tashkilotchilarini qoniqtirsa, u holda tizimning ratsional versiyasi tanlanadi. Aks holda, dastlabki ma'lumotlar yaxshilanadi va 1-5 bosqichlarni takrorlash bilan to'ldiriladi.

6. Tenglama asosida fik chastotalaridan Xik skameykalariga o'tish amalga oshiriladi:

$$f_{ik} = \Phi(X_{ik}) \quad (i, k \in 1, 4),$$

bu yerda  $F(X_{ik}) = (1 / (2 \cdot \pi)) \cdot \int_{-\infty}^{X_{ik}} e^{-t^2/2} dt$  - Lappass-Gaussning ajralmas funksiyasi, qarang (Ventsel E.S. "Ehtimollar nazariyasi" M: Nauka, 1969, 561-bet - 564)

Ushbu funksiyadan foydalanib, argumentning qiymatini funksiya qiymati bo'yicha topamiz.

| $X_{ik}$ | $K_1$ | $K_2$ | $K_3$ | $K_4$ |
|----------|-------|-------|-------|-------|
| $K_1$    |       | -0,25 | -0,25 | 0,84  |
| $K_2$    | 0,25  |       | 0,52  | 0,52  |
| $K_3$    | 0,25  | -0,52 |       | 1,28  |
| $K_4$    | -0,84 | -0,52 | -1,28 |       |

7. Kriteriya og'irliklari hisoblanadi.

| $K_i$ | $X_i^{\wedge} = (1/n) \cdot \sum x_{ik}$ | $\Phi(X_i^{\wedge})$ | $\omega_i$ |
|-------|------------------------------------------|----------------------|------------|
| $K_1$ | 0,08                                     | 0,53                 | 0,26       |
| $K_2$ | 0,32                                     | 0,63                 | 0,31       |
| $K_3$ | 0,25                                     | 0,6                  | 0,3        |
| $K_4$ | -0,66                                    | 0,25                 | 0,13       |

8. Ijobiy sonlarga o'tish uchun yig'indisi 1 bo'lishi kerak.

Olingan og'irliklar mezonlarni ularning imkoniyatlariga qarab saralashga imkon beradi: K2, K3, K1, K4. Mezonlarga misol - samolyotda - masofa, balandlik, yuk, tezlik.

### 9.7. Kondorset prinsipi asosida eng yaxshi alternativani topish

Muqobil variantlarning qisman reyting natijalariga asoslangan Kondorset prinsipini ko'rib chiqing:  $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5$ .

1. Mutaxassislar alternativalarini baholashmoqda:

$$\Theta_1 = (a_1, a_3, a_2, a_5, a_4)$$

$$\Theta_2 = (a_1, a_2, a_4, a_3, a_5)$$

$$\Theta_3 = (a_1, a_2, a_5, a_3, a_4)$$

$$\Theta_4 = (a_2, a_3, a_1, a_5, a_4)$$

$$\Theta_5 = (a_2, a_4, a_3, a_1, a_5)$$

2. Juftlik afzalliklarida alternativa afzalligini tavsiflovchi  $m_{ik}$ -ni toping

| $m_{ik}$ | $a_1$ | $a_2$ | $a_3$ | $a_4$ | $a_5$ |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $a_1$    |       | 3     | 3     | 4     | 5     |
| $a_2$    | 2     |       | 4     | 5     | 5     |
| $a_3$    | 2     | 1     |       | 3     | 4     |
| $a_4$    | 1     | 0     | 2     |       | 2     |
| $a_5$    | 0     | 0     | 1     | 3     |       |

3. Tekshiruvlar Kondorset prinsipi bo'yicha amalga oshiriladi: eng yaxshi alternativ  $a_i$  agar  $m_{ik} \geq m_{ki}$  barcha  $k \neq i$  uchun

$K = 4$ ;  $m_{14} \geq m_{41}$ ;  $4 > 1$  - bajarilgan, ya'ni. faqat  $a_1$  alternativasi Kondorset qoidasini qondiradi.

3. Condorcet-ga alternativa tanlangan. Bu  $a_1$ .

### Olingan reytingni Kemeny-Snell asosida topish

Olingan ma'lumotlarga asoslangan Kemeny-Snell evristik algoritmini ko'ribchiqing.

1. Qisman reytinglar asosida ikkilik imtiyozli matritsalar  $p_{ik} = +1$  taxminlari bilan aniqlanadi, agar  $K_i$   $K_k$  dan afzal bo'lsa.  $p_{ik} = -1$ , aks holda (obyektning tengsizligi yoki tengligi holatida  $p_{ik} = 0$ )

Reytingga mos keladigan ikkilik matritsani qarang.

| $\Theta_1$ | $K_1$ | $K_2$ | $K_3$ | $K_4$ |
|------------|-------|-------|-------|-------|
| $K_1$      |       | -1    | -1    | +1    |
| $K_2$      | +1    |       | -1    | +1    |
| $K_3$      | +1    | +1    |       | +1    |
| $K_4$      | -1    | -1    | -1    |       |

2.  $K_1$   $K_2$  bilan taqqoslanadi (ya'ni  $K_1$   $K_2$  dan yomon) shuning uchun -1, shuning uchun barcha variantlar. Agar ikkala taxmin bir xil bo'lsa, demak u mavjud emas.

| $\Theta_2$ | $K_1$ | $K_2$ | $K_3$ | $K_4$ |
|------------|-------|-------|-------|-------|
| $K_1$      |       | +1    | +1    | +1    |
| $K_2$      | -1    |       | +1    | +1    |
| $K_3$      | -1    | -1    |       | +1    |
| $K_4$      | -1    | -1    | -1    |       |

3.

| $\Theta_3$ | $K_1$ | $K_2$ | $K_3$ | $K_4$ |
|------------|-------|-------|-------|-------|
| $K_1$      |       | -1    | -1    | +1    |
| $K_2$      | +1    |       | +1    | +1    |
| $K_3$      | +1    | -1    |       | +1    |
| $K_4$      | -1    | -1    | -1    |       |

| $\mathfrak{A}_4$ | $\mathbf{K}_1$ | $\mathbf{K}_2$ | $\mathbf{K}_3$ | $\mathbf{K}_4$ |
|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| $\mathbf{K}_1$   |                | +1             | +1             | +1             |
| $\mathbf{K}_2$   | -1             |                | +1             | +1             |
| $\mathbf{K}_3$   | -1             | -1             |                | +1             |
| $\mathbf{K}_4$   | -1             | -1             | -1             |                |

4.

| $\mathfrak{A}_5$ | $\mathbf{K}_1$ | $\mathbf{K}_2$ | $\mathbf{K}_3$ | $\mathbf{K}_4$ |
|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| $\mathbf{K}_1$   |                | -1             | -1             | +1             |
| $\mathbf{K}_2$   | +1             |                | +1             | +1             |
| $\mathbf{K}_3$   | +1             | -1             |                | +1             |
| $\mathbf{K}_4$   | -1             | -1             | -1             |                |

5.

| $\mathfrak{A}_6$ | $\mathbf{K}_1$ | $\mathbf{K}_2$ | $\mathbf{K}_3$ | $\mathbf{K}_4$ |
|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| $\mathbf{K}_1$   |                | -1             | -1             | +1             |
| $\mathbf{K}_2$   | +1             |                | +1             | +1             |
| $\mathbf{K}_3$   | +1             | -1             |                | +1             |
| $\mathbf{K}_4$   | -1             | -1             | -1             |                |

6.

| $\mathfrak{A}_7$ | $\mathbf{K}_1$ | $\mathbf{K}_2$ | $\mathbf{K}_3$ | $\mathbf{K}_4$ |
|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| $\mathbf{K}_1$   |                | -1             | +1             | -1             |
| $\mathbf{K}_2$   | +1             |                | +1             | -1             |
| $\mathbf{K}_3$   | -1             | -1             |                | -1             |
| $\mathbf{K}_4$   | +1             | +1             | +1             |                |

7,

| $\mathfrak{D}_8$ | $K_1$ | $K_2$ | $K_3$ | $K_4$ |
|------------------|-------|-------|-------|-------|
| $K_1$            |       | +1    | -1    | -1    |
| $K_2$            | -1    |       | -1    | -1    |
| $K_3$            | +1    | +1    |       | +1    |
| $K_4$            | +1    | +1    | -1    |       |

8.

| $\mathfrak{D}_9$ | $K_1$ | $K_2$ | $K_3$ | $K_4$ |
|------------------|-------|-------|-------|-------|
| $K_1$            |       | +1    | -1    | +1    |
| $K_2$            | -1    |       | -1    | -1    |
| $K_3$            | +1    | +1    |       | +1    |
| $K_4$            | -1    | +1    | -1    |       |

9.

| $\mathfrak{D}_{10}$ | $K_1$ | $K_2$ | $K_3$ | $K_4$ |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|
| $K_1$               |       | -1    | +1    | -1    |
| $K_2$               | +1    |       | +1    | +1    |
| $K_3$               | -1    | -1    |       | +1    |
| $K_4$               | ?     | ?     | ?     |       |

10. Smetalar bilan zararlar matritsasi aniqlanadi, ya'ni biz 10 ta matritsadan bittasiga o'tamiz.

11. Zarar matritsasi qayta ishlanmoqda. Biz ballar yig'indisini satrlar bo'yicha topishga harakat qilmoqdamiz:

$$\sum_1 = 28; \sum_2 = 20; \sum_3 = 24; \sum_4 = 48.$$

Minimal raqamni toping; bu 20 ga teng, shuning uchun K2 yo‘qotish matritsasidan chiqarib tashlanadi (biz yo‘qotish matritsasida K2 bilan bog‘liq bo‘lgan barcha narsalarni chizib tashlaymiz).

Biz hamma narsani takrorlaymiz:

$$\sum_1 = 16; \sum_3 = 10; \sum_4 = 34.$$

$$\sum_4 = 4; \sum_4 = 16.$$

Birinchidan, zararlar matritsasidan K3, keyin K1 chiqariladi.

13. Kerakli natijalar reytingi topildi: K1, K2, K3, K4. Kamchilik: bizda og‘irliklar yo‘q (bu algoritmda). MRTda ushbu usul uchun dastur mavjud.

### 9.8. Ekspert baholari usuli bilan tizimning ratsional tuzilishini tanlash

Tizimdan raqobatdosh variantlarni baholashni amalga oshiradigan m E1, ..., Em ekspertlaridan foydalanishni o‘zichiga olgan ekspert baholash usulini ko‘rib chiqing. B1, B2, ..., Bn.

1. Mutaxassislarning vakolatlarini o‘zaro baholash matritsasi tuzilgan:

| $\Theta_j/\Theta_j$ | $\Theta_1$ | $\Theta_2$ | ... | $\Theta_m$ |
|---------------------|------------|------------|-----|------------|
| $\Theta_1$          |            | $R_{12}$   | ... | $R_{1m}$   |
| $\Theta_2$          | $R_{21}$   |            | ... | $R_{2m}$   |
| ...                 | ...        | ...        |     | ...        |
| $\Theta_m$          | $R_{m1}$   | $R_{m2}$   | ... |            |

2. Olingan matritsa asosida bir qator xususiyatlar hisoblanadi:

a) ekspertlarning vakolatlarini baholash:

$$r_j = \sum R_{ij} / \sum \sum R_{ij} \quad (j=1, m), \text{ где } 1 \geq r_j \geq 0$$

ekspert baholarining farqlari:

$$D_{Ri} = \sum (R_{ij} - R_j^{\wedge})^2 / (m - 2) \quad (i=1, m)$$

$$D_{Rj} = \sum (R_{ij} - R_j^{\wedge})^2 / (m - 2) \quad (j=1, m)$$

bu yerda  $R_j^{\wedge} = \sum R_{ij} / (m - 1)$  - bu  $E_j$  ekspert malakasini jamoaviy baholash.

$DR_i$  dispersiyasi har bir alohida ekspertning qarorlari ekspertlar guruhining jamoaviy qarorlariga yaqinligi to'g'risida ma'lumot beradi. Va  $DR_j$  dispersiyasi mutaxassislar guruhining ekspertning  $E_j$  kompetensiyasini baholashdagi izchillik darajasini tavsiflaydi.

3. Tizimning raqobatdosh variantlarini baholash matritsasi tuzilgan:

| $\Theta_j/B_R$  | $B_1$    | $B_2$    | ... | $B_n$    |
|-----------------|----------|----------|-----|----------|
| $\Theta_1(Z_1)$ | $C_{11}$ | $C_{12}$ | ... | $C_{1n}$ |
| $\Theta_2(Z_2)$ | $C_{21}$ | $C_{22}$ | ... | $C_{2n}$ |
| ...             | ...      | ...      | ... | ...      |
| $\Theta_m(Z_m)$ | $C_{m1}$ | $C_{m2}$ | ... | $C_{mn}$ |

4. Olingan matritsa asosida bir qator xususiyatlar hisoblanadi:

1. Variantlarga ustunlik koeffitsiyentlari:

$$C_k = \sum C_{jk} \cdot Z_j / (\sum \sum C_j \cdot Z_j) \quad (k=1, n, 0 \leq C_k \leq 1)$$

o'sha. Bu eng muhim xususiyat.

2. Variantlar taxminlarining tarqalishi (biz imtihonning asosiy natijalarini jadval shaklida taqdim etamiz):

| $\{\Theta_j\}$ | $Z_j$ | $\{B_k\}$ |       |       |       |       |       | $\Theta_{cj}$ |
|----------------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------|
|                |       | $B_1$     | $B_2$ | $B_3$ | $B_4$ | $B_5$ | $B_6$ |               |
| $\Theta_1$     | 0,18  | 3         | 8     | 10    | 9     | 7     | 5     | 0,3           |
| $\Theta_2$     | 0,16  | 2         | 7     | 9     | 10    | 8     | 4     | 0,46          |
| $\Theta_3$     | 0,19  | 3         | 8     | 10    | 9     | 7     | 4     | 0,46          |
| $\Theta_4$     | 0,14  | 2         | 8     | 10    | 9     | 7     | 4     | 0,58          |
| $\Theta_5$     | 0,09  | 2         | 7     | 10    | 9     | 8     | 5     | 0,22          |

|               |      |   |   |    |    |   |   |      |
|---------------|------|---|---|----|----|---|---|------|
| $\Theta_6$    | 0,12 | 2 | 7 | 9  | 10 | 8 | 5 | 0,3  |
| $\Theta_7$    | 0,05 | 4 | 7 | 9  | 10 | 8 | 5 | 0,46 |
| $\Theta_8$    | 0,01 | 3 | 6 | 10 | 9  | 8 | 5 | 0,38 |
| $\Theta_9$    | 0,02 | 3 | 7 | 10 | 9  | 8 | 6 | 0,34 |
| $\Theta_{10}$ | 0,04 | 4 | 7 | 9  | 10 | 8 | 6 | 0,7  |

Keyingi safar 10-mutaxassisni taklif qilmaymiz. O'tkazilgan ma'lumotlarning tahlili bizni xulosa qilishga imkon beradi: tizimning oqilona versiyasi sifatida B3 variantini tanlash oqilona.

### 9.9.Ekspertlarning kelishuvini baholash

Muammolarni bayon qilish: ba'zi bir tartib o'lchovlari, masalan, 10 ballik shkala yordamida  $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$  n-maqсадlarini baholaydigan  $A_1, A_2, E, E_m$  m mutaxassislari bo'lsin. Ekspertiza natijalariga ko'ra quyidagilarni topish kerak.

1. Eng maqbul variantni tanlashga imkon beradigan jamoaviy ekspert baholari.

2. Kollektiv ekspert baholarining ishonchliligini tasdiqlovchi ekspertlarning barqarorligini baholash.

Mutaxassislarning barqarorligini baholash uchun kelishuvning entropiya koeffitsiyentidan foydalanish maqsadga muvofiqdir.

$$E = 1 - H/H_{\max} = 1 - H/(n \cdot \log_2(n)) \quad E \in [0,1].$$

Bu yerda

$$H = -\sum \sum p_{ij} \cdot \log_2(p_{ij}),$$

bu yerda  $P_{ij}$  – bu maqsadlarning  $Z_i$  bo'yicha teng darajalar sonining ekspertlar soniga nisbati sifatida hisoblab chiqilgan ehtimolliklar taxmini m. Formulaga ko'ra, kelishuv entropiyasi koeffitsiyenti 2 ta haddan tashqari qiymatni olishi mumkinligini ko'ramiz. 0 - ekspertning to'liq nomuvofiqligi,  $H = H_{\max}$ , 1 - ekspertning to'liq izchilligi,  $H = 0$  (entropiya).

Keling, entropiya koeffitsiyentini 2.13-bo'limni tekshirish natijalari bo'yicha hisoblaymiz (teskari tartibda). Keling, taxminlar matritsasini aniqlaymiz:



|              |            |     |     |     |     |     |
|--------------|------------|-----|-----|-----|-----|-----|
|              | 0,4        | 0,3 | 0,6 | 0,6 | 0,3 | 0,5 |
| $[P_{ij}] =$ | <b>0,4</b> | 0,6 | 0,4 | 0,4 | 0,7 | 0,3 |
|              | 0,2        | 0,1 |     |     |     | 0,3 |

2 ta 10 ta holatda 4 marta uchraydi. Funktsiyalar qiymatlari jadvalidan foydalanib H entropiyasini toping:

$$(P) = -P \cdot \log_2(P)$$

$$H = 7,13.$$

Keling, kerakli koeffitsiyentni hisoblaymiz:

$$E = (1 - 7,13)/(6 \cdot \log_2(6)) = 0,54$$

o'sha. Mutaxassislarning doimiyliigi juda maqbuldir.

### **Nazorat savollari:**

1. Ekspertlar baholash usuluning mazmunini tushuntirib bering ?
2. Ekonometrik modellardan prognozlashda ekspertlar baholash usulidan qanday foydalanish mumkin?
3. Bashoratlashning ekspertlar usuliga ta'rif bering?
4. Eng maqbul variantni tanlashga imkon beradigan jamoaviy ekspert baholari.
5. Kollektiv ekspert baholarining ishonchliligini tasdiqlovchi ekspertlarning barqarorligini baholash.
6. Iqtisodiy tahlil ko'rsatkichlaridan amalda qanday foydalanish mumkin?
7. Trend modeli deganda nimani tushunasiz? Misol keltiring.

## **X BOB: IQTISODIY DINAMIKANI PROGNOZ QILISH VOSITASI SIFATIDA ISHLAB CHIQARISH FUNKSIYALARI**

**10.1. Prognoz qilish usullarining turkumlanishida ishlab chiqarish funksiyalarining umumiy xossalari.**

**10.2. Ishlab chiqarish funksiyasining turlari va xususiyatlari.**

### **10.1. Prognoz qilish usullarining turkumlanishida ishlab chiqarish funksiyalarining umumiy xossalari.**

Ishlab chiqarish funksiyasining umumiy shakli quyidagicha:

$$Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) + \varepsilon \quad (10.1)$$

bunda:  $Y$  - mahsulot chiqarish hajmi;

$x_1, x_2, \dots, x_n$  - ishlab chiqarish omillari;

$\varepsilon$  - tasodifiy miqdorlar.

Qo'shimcha mahsulot umumiy mahsulotga ishlab chiqarish resurslarining har bir keyingi birligi tomonidan qo'shilgan miqdorni xarakterlaydi.  $X_i$  resursi uchun qo'shimcha mahsulotlar (ishlab chiqarish sirti og'ish burchagining tangensi yoki xarajatlar - chiqarishning egri chizig'i) quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$\frac{\partial Y}{\partial x_i} = f'_i(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (10.2)$$

$i$  va  $j$  resurslar almashinuvinining chekli normasi quyidagicha aniqlanadi:

$$\frac{\partial x_i}{\partial x_j} = \frac{f'_{x_i}(x_1, x_2, \dots, x_n)}{f'_{x_j}(x_1, x_2, \dots, x_n)} \quad (10.3)$$

Bunday tenglamalar izokvanta tenglamalari (xarajat kombinatsiyalari turlicha bo'lganda bir xil darajadagi xarajatlar) deyilib, ishlab chiqarish darajasidan bir resurs xarajatini boshqa resursning chiqarish va xarajat darajasi funksiyasi tarzida ifodalash yo'li bilan keltirib chiqariladi, ya'ni:

$$x_i = f''(y, x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (10.4)$$

bunda  $f''$  funksional.

Izoklinallar tenglamasi mahsulot chiqishining ortishi uchun xarajatlar kombinatsiyasidagi o'zgarishlarning yo'nalishini ko'rsatadi:

$$\frac{\partial x_i}{\partial x_j} = -k \quad (10.5)$$

bunda  $k$  - qayd qilingan miqdor.

Amaliy hisob-kitoblar resurslarning optimal kombinatsiyalarini topish uchun eng chekli samaradorliklar nisbati ular narxining nisbati bilan qiyoslanadi, shuning uchun  $k$  qo'llanayotgan resurslar narxining nisbatini ifodalaydi.

Qaror qabul qilish bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqishga taalluqli amaliy xarakterdagi tadqiqotlarda tadqiqotchi yuqorida ko'rsatilgan iqtisodiy ko'rsatkichlar asosida qo'llanilayotgan resurslarning optimal miqdori va strukturasi aniqlashi lozim. Ishlab chiqarish funksiyalari, shuningdek resurslarni tumanlar yoki ishlab chiqarish tarmoqlari o'rtasida taqsimlashda ham qo'llanilishi mumkin.

Cheklangan resurslarni (masalan, o'g'it, kapital qo'yilmalar va h.k.) tarmoqlar yoki xo'jaliklar o'rtasida taqsimlashda Lagranj ko'paytuvchilaridan foydalanib, ishlab chiqarishning regression tenglamalari sistemasi tuziladi.

Ishlab chiqarish funksiyalarining apparati matematikaning boshqa metodlaridan farq qilib, ba'zi afzalliklarga ega: funksiya va argument o'rtasidagi aloqalar aniqroq bayon qilinadi; har bir resurs sarfining samaradorligi, shuningdek uning funksiyaga absolyut va nisbatan "shaffof" ta'siri ko'rsatiladi.

Ishlab chiqarish funksiyasining turlari. Ishlab chiqarish funksiyasining afzal turini tanlash ham murakkab masaladir. Ishlab chiqarish funksiyasining turi iqtisodiy jarayonlar xarakteriga ko'ra o'zgaradi. So'nggi muammoning murakkabligi ishlab chiqarish funksiyalarining konkret turlarini o'rganishni talab qiladi.

Iqtisodiy faoliyatning yakuniy ko'rsatkichi (yalpi milliy mahsulot, tarmoqning yalpi mahsuloti yoki sof milliy daromad) foydalanilayotgan resurslar massasiga bog'liq bo'lib, bunday bog'liqlik agregatsiyalangan ishlab chiqarish funksiyasi yordamida tasvirlanishi mumkin  $P = P(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , bunda  $P$  - funksiya iqtisodiy faoliyat natijasi;  $x_i$  - ishlab chiqarishda foydalanilgan  $i$ - resursining hajmi,  $i \in Q$ .

Ishlab chiqarish funksiyasi uzluksiz va differensiyalanadi deb tushuniladi. Funksiyalarning o'sishi iqtisodiy omillarning o'sishiga bog'liq:

$$\delta_p = \sum_{i=1}^n \varphi_i \delta_i, \quad \varphi_i = \varphi_i(x) \quad (10.6)$$

bunda  $\varphi_i$  - funksiyaning  $i$ - resursi bo'yicha elastiklik koeffitsiyentidir. Ya'ni,

$$\varphi_i = \frac{\partial P}{\partial x_i} \cdot \frac{x_i}{P}$$

## 10.2. Ishlab chiqarish funksiyasining turlari va xususiyatlari

Milliy iqtisodiyotning ishlab chiqarish imkoniyatlari vaqtning berilgan har bir momentida ikki guruh omillar, ya'ni ishlab chiqarishning turli resurslar sarflari va mahsulot ishlab chiqarish o'rtasidagi bog'liqlikda ifodalanuvchi texnologik sharoitlar bilan aniqlanadi.

Ishlab chiqarishning takror ishlab chiqariladigan vositalari ayni vaqtda ham mahsulotlar va ham resurslar hisoblanadi. Shuning uchun barcha turdagi resurslarni ikki kichik to'plamga ajratish mumkin.

$Q_1$  - takror ishlab chiqariladigan resurslar  $i_1 \in Q_1$ ;

$Q_2$  - takror ishlab chiqarilmaydigan resurslar  $i_2 \in Q_2$ .

Umumiy ishlab chiqarish funksiyasi - bu ishlab chiqarish doirasining ichki ekstremal xususiyatlarga ega bo'lgan o'ziga xos moddiylik modelidir.

Ishlab chiqarish funksiyalari  $P = P(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , mahsulot chiqarishning barcha resurslar sarfiga bog'liq maksimal mumkin bo'lgan hajmini ifodalaydi.

Ishlab chiqarish funksiyalarining ikki asosiy tipi: bir-birining o'rnini bosuvchi resursli ishlab chiqarish funksiyalari hamda bir-birini to'ldiruvchi resursli ishlab chiqarish funksiyalari tiplari mavjud.

Ishlab chiqarish funksiyalari ham statistik va optimizatsion holatlarda tuzilishi mumkin. Birinchi metodning mohiyati shundaki, unda ishlab chiqarish funksiyalari sarflar va mahsulot chiqarish nisbatlari haqidagi kuzatishlarga qayta ishlov berish asosida tuziladi. Ikkinchi holatda esa funksiyalarning turi va parametrlari optimizatsion vazifalarning o'zgaruvchi parametrlardagi yechimini umumlashtirish natijasida aniqlanadi.

Ekonometrik modellashtirishda Kobba-Duglas darajali ishlab chiqarish funksiyasini qo'llanishi.

Ishlab chiqarish funksiyasini o'rganishda ayrim ishlab chiqarish omillarining samaradorligini baholash, bir xil omillarning boshqa omillar o'rnini bosishi, texnika taraqqiyoti kabi muammolar paydo

bo‘ladi (bunda ko‘p hollarda Kobba-Duglas ko‘rinishidagi ikki omilli ishlab chiqarish funksiyasidan foydalanish mumkin).

$$y = \gamma K^{\alpha} L^{\beta},$$

bunda  $K$  - ishlab chiqarish fondlarining hajmi;  $L$  - mehnat sarflari;  $\gamma$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$  - hisoblanadigan parametrlar.

Ishlab chiqarish funksiyasidagi omillarning samaradorligi, funksiyaning har bir o‘zgaruvchi bo‘yicha birinchi tartibli hosilasi funksiyasi bilan aniqlanadi. Xususiy hosila boshqa omilning miqdori o‘zgarmas bo‘lsa, omil uchun qo‘shimcha mahsulotni ifodalaydi. Binobarin, chekli samaradorlik ishlab chiqarish fondlari uchun

$$\frac{\partial y}{\partial K} = \gamma \alpha K^{\alpha-1} L^{\beta}$$

mehnat uchun

$$\frac{\partial y}{\partial L} = \gamma \beta K^{\alpha} L^{\beta-1}.$$

Eyler teoremasidan foydalangan holda yalpi mahsulotni faktorlar “ulushiga” ajratish mumkin,

$$y = \frac{\partial y}{\partial K} \cdot K + \frac{\partial y}{\partial L} \cdot L.$$

$\alpha$  va  $\beta$  parametrlar asosiy ishlab chiqarish fondlari va mehnatga nisbatan ishlab chiqarish hajmining elastiklik koeffitsiyenti hisoblanadi:

$$\alpha = \frac{\partial y}{y} : \frac{\partial K}{K}; \quad \beta = \frac{\partial y}{y} : \frac{\partial L}{L}$$

Ishlab chiqarish funksiyasini ko‘rib chiqishda paydo bo‘ladigan nisbatdagi muhim muammo ishlab chiqarish omillari samaradorligini ishlab chiqarish ko‘lami va uning konsenratsiyatsiga bog‘liq holda o‘zgarishidir.

Real voqelikda bunday bo‘lishi mumkin va uning uch varianti mavjud. Ishlab chiqarish ko‘lamlari kengayishi bilan samaradorlik o‘sishi, o‘zgarishsiz qolishi va pasayishi mumkin.

Kobba-Duglas ishlab chiqarish funksiyasida ishlab chiqarish konsenratsiyasiing ta’siri parametrlar jamida aks etadi.

Parametrlar jami birga teng bo‘lsa, bu holda ishlab chiqarish konsenratsiyatsi ishlab chiqarish hajmi bir omilning uning miqdoriga nisbatan yaratilgan chekli samaradorlikdan ortiq bo‘lishini anglatadi. Parametrlar yig‘indisi birdan kichik bo‘lsa, resurslar oshishi bilan ishlab chiqarish pasayib boruvchi tezlikda o‘sib boradi.

Milliy iqtisodiyot barqaror o'sishini modellashtirishda ishlab chiqarish funksiyasining bu normasidan ko'pincha ishlab chiqarish hajmi va ishlab chiqarish omillari sarfi o'rtasidagi bog'liqlikni aniqlash, ularning pirovard natijalariga ta'siri darajasi va kuchini ifodalash, resurslar bir-birining o'rnini bosishi hamda bir-birining o'rnini to'ldirishi borasidagi turli kombinatsiyalarning iqtisodiy samaradorligini o'rganish uchun foydalaniladi.

Ba'zi modifikatsiyalarda bunday xildagi ishlab chiqarish funksiyalari texnika taraqqiyotining sur'at va turlarini baholash, iqtisodiyot o'sishining balanslangan variantlarini tuzish imkonini beradi.

Iqtisodiy o'sishni tadqiq qilish quyidagi ajraladigan statistik ikki omilli ishlab chiqarish funksiyasi

$$Y(t) = \delta \{K^\alpha(t), L^\beta(t)\} \Phi^\pi U(t)$$

va uning modifikatsiya qilingan dinamik varianti

$$Y(t) = \delta F[\{\alpha(t); L^\beta(t)K(t)\}U(t)]$$

dan boshlanadi, ya'ni buni

$$Y(t) = Y_0(0) \left( \frac{K_t}{K_0} \right)^\alpha \cdot \left( \frac{L_t}{L_0} \right)^\beta$$

ko'rinishda ham ifodalash mumkin.

Ilmiy-texnika taraqqiyotida iqtisodiy o'sishning asosiy tenglamasini quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{\dot{Y}_t}{Y_t} = \alpha \frac{\dot{K}_t}{K_t} + \beta \frac{\dot{L}_t}{L_t} + \gamma \frac{\dot{N}_t}{N_t} + \pi,$$

bunda:  $\dot{K}$  - pirovard mahsulotdagi ishlab chiqarish qo'yilmalarining hissasi;

$\dot{N}_t - N_t$  tabiiy resurslarning o'sishi va darjasi;

$\pi$  - texnika taraqqiyotining yillik o'sish sur'ati bo'lib, u ishlab chiqarish omillari o'zgarmagan taqdirda ham mavjud bo'ladi.

Har bir omil bo'yicha xususiy hosila funksiyasi - chekli samaradorlikni yoki ishlab chiqarish resurslarining bir birligidan milliy iqtisodiyotga qaytimini ifodalaydi.

Takror ishlab chiqarish, shuningdek resurs birligiga hisoblangan xarajatlar ma'lum bo'lsa, resurslarni qo'llanish samaradorligini hisoblab chiqish mumkin bo'ladi. Bunday holda ishlab chiqarish fondlarining ularni takror ishlab chiqarish ehtiyojlaridan ortiqcha hissasi quyidagi tafovutda ifodalanadi:

$$\alpha > a$$

bo'lganda,

$$\alpha \frac{y_t}{K_t} - a \frac{y_t}{K_t} = (\alpha - a) \frac{y_t}{K_t}$$

bo'ladi.

Jonli mehnat omilli unumdorligining hissasi ham xuddi shunga o'xshash  $(\beta - b) \frac{y_t}{K_t}$  ko'rinishida bo'ladi; bunda  $b$  - mehnat resurslarining kengaytirilgan takror ishlab chiqarish bo'yicha ishlab chiqarish xarajatlari hissasi.

### **Nazorat savollari:**

1. Ishlab chiqarish funksiyasini boshqa modellardan farqi?
2. Ishlab chiqarish funksiyalarning parametrlarini xususiyatlari?
3. Ekstensiv va intensiv o'sishni ta'minlovchi omillar.
4. Kobba-Duglas funksiyasini asosiy xususiyatlari.
5. O'rnini bosish elastikligi qanday tahlil qilinadi?
6. Iqtisodiy tahlil ko'rsatkichlaridan amalda qanday foydalanish mumkin?
7. Ishlab chiqarish funksiyalari va ularning turlarini tushuntirib bering.
8. Ishlab chiqarish funksiyasining iqtisodiy xarakteristikallari nimalardan iborat?
9. Ishlab chiqarish funksiyalaridan iqtisodiy tahlilda foydalanish yo'nalishlarini aytib bering.
10. Iqtisodiy xarakteristikallardan iqtisodiy tahlilda foydalanish.

## **XI BOB. VAQTLI QATORLARNI MODELASH USULLARI**

- 11.1. Vaqtli qatorlar to‘g‘risida umumiy tushunchalar.**
- 11.2. Multiplikativ va additiv modellarning tarkibiy tuzilishi.**
- 11.3. Bir o‘lchamli vaqtli qatorlarni modelash usullari.**
- 11.4. Vaqtli qatorlarni tekislash usullari.**

### **11.1. Vaqtli qatorlar to‘g‘risida umumiy tushunchalar**

Matematik statistikaning asosiy masalalaridan biri - o‘rganilayotgan hodisalarning makonda o‘zgarish va rivojlanish jarayonini tadqiq qilishda vaqtli qatorlarni tuzish va tahlil qilish yo‘li bilan hal etiladi.

Iqtisodiy hodisalarning makonda o‘zgarishini ifodalayotgan sonlar ketma-ketligini kuzatish vaqtli qator deb ataladi.

Vaqtli qatorlar ko‘rsatkichning barqaror o‘zgarishlariga va xususiy tasodiflar o‘zgarishiga ega bo‘ladi. Vaqtli qatorlardagi xususiy tasodiflarni bartaraf etish va barqaror o‘zgarishlarni aniqlash uchun ular u yoki bu usullar bilan taqqoslanadi.

Taqqoslangan qatorlarni haqiqiy qatorlar bilan taqqoslash, ayrim korxonalarni, tarmoq va milliy iqtisodiyotni rivojlantirishning ba’zi muhim xususiyatlarini aniqlash imkonini beradi.

Taqqoslangan va haqiqiy qiymat ko‘rsatkichlarining farqi, taqqoslangan qatorlar joylashgan va kelajak rivojlanish ko‘rsatkichlari qatorlari joylashishi mumkin bo‘lgan chegaralarni aniqlash imkonini beradi.

Ko‘pgina iqtisodiy tadqiqotlarda, ayniqsa vaqtli qatorlarni tahlil qilish jarayonida nihoyatda chegaralanib tanlash bo‘yicha aniqliklarni qayta ishlashga to‘g‘ri keladi. Shunday sharoitda tajribalar guruhini ta’riflash uchun qilingan har qanday urinish, mutloq rasmiy va subyektiv bo‘ladi.

Shuning uchun ko‘pchilik hollarda hodisaning qandaydir bir tomonini ehtimol ta’riflash imkoniyatini aniqlash qiyin. Iqtisodiy vaqtli qator farq qiluvchi xususiyatlarini quyidagicha ko‘rsatish mumkin:

a) berilgan sharoitda kuzatilayotgan jarayonni qayta kuzatish mumkin emas;

b) odatda kuzatilayotgan qatorlar, kuzatilayotgan tanlama hajmiga ko‘ra juda chegaralangan bo‘ladi.



Shuning natijasi o'laroq o'rganilayotgan hodisalarga ehtimollar nazariyasi bilan yondashishda hodisalar modelini statistik eksperimentlarda xayolan tasavvur etish, shuningdek, ba'zi bir ehtimollikni cheklab qo'yish lozim.

Haqiqatdan ham statistik xulosalar baholashni tanlashga yoki ko'rib chiqilayotgan umumiy model doirasida oldindan o'rganilgan nazariy mezon xususiyatiga asoslangan bo'ladi.

Kelajakning vaqtli qatorlari ishonchlilik darajasiga ko'ra hisobli (yaqin 20-30 yil uchun ishonchli), umumiy tasavvurlarga ko'ra taxminiy (100 yilgacha) va xayoliyga (100 yildan ko'p) bo'linadi.

Ijtimoiy-iqtisodiy hodisalarning vaqt davomida o'zgarishi dinamika deb, shu jarayonni ta'riflovchi ko'rsatkichlar qatori esa **vaqtli qatorlari** deb yuritiladi.

Hodisalarning vaqt davomida o'zgarishini ta'riflovchi statistik ko'rsatkichlar qatori **vaqtli qator** deb yuritiladi.

#### **Vaqtli qatorning asosiy elementlari:**

Vaqt ko'rsatkichi -  $t$

Qator darajasi -  $u$

Vaqt ko'rsatkichidan bog'langan holda vaqtli qatorlar momentli (ma'lum bir sanaga) va intervalliga (ma'lum bir davr ichida) tasniflanadi (klassifikatsiyalanadi).

Vaqtli qatorlar tahlilida hisoblanadigan ko'rsatkichlar:

**1. Mutlaq qo'shimcha o'sish yoki kamayish-** har qaysi keyingi davr darajasidan boshlang'ich yoki o'zidan oldingi davr darajasini ayirish yo'li bilan aniqlanadi.

$$\Delta_{i/i-1} = Y_i - Y_{i-1}, \dots, \Delta_{i/i_0} = Y_i - Y_0$$

**2.O'sish yoki kamayish koeffitsiyenti yoki sur'ati ( $K_{o',k.}$ )** - har qaysi keyingi davr darajasi boshlang'ich yoki o'zidan oldingi davr darajasiga nisbatan qancha martaba katta yoki kichik ekanligini yoki qancha foiz tashkil etishini ko'rsatadi.

$$K_{i/i-1} = Y_i / Y_{i-1}; \quad T_{i/i-1} = Y_i \cdot 100 / Y_{i-1}; \quad K_{i/i_0} = Y_i / Y_0; \quad T_{i/i_0} = Y_i \cdot 100 / Y_0$$

**3.Qo'shimcha o'sish (kamayish) sur'ati( $\Pi$ )** ham ikki usulda aniqlanishi mumkin. Birinchi usulda har bir keyingi davr darajasidan boshlang'ich davr darajasi ayirilib, 100 ga ko'paytiriladi va boshlang'ich davr darajasiga bo'linadi.

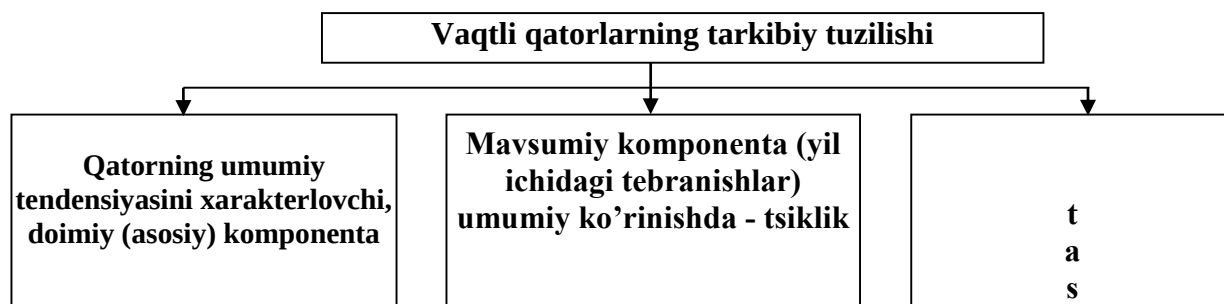
$$\Delta_{i/i_0} = \frac{\sum (Y_i - Y_0) \cdot 100}{Y_0}$$

**4. 1% qo'shimcha o'sish (kamayish)ning mutlaq qiymati** – mutlaq qo'shimcha o'sish qiymati zanjirsimon qo'shimcha o'sish sur'atiga bo'linadi.

$$\Delta_{i/i-1} : \Delta_{T_{i/i-1}}$$

## 11.2. Multiplikativ va additiv modellarning tarkibiy tuzilishi

Ko'rinib turibdiki, vaqtli qatorning darajasini shakllantiruvchi barcha komponentlar uchta gruppaga bo'linadi, Asosiy tashkil etuvchi bo'lib trend hisoblanadi. Undan trendni tashkil etuvchini ajratib olinganidan keyin mavsumiy va tasodifiy komponentalar qiymati qoladi (11.1.-rasm).



**11.1-rasm. Vaqtli qatorlarning tarkibiy tuzilishi<sup>6</sup>.**

Agarda qatorning tashkil etuvchilarining barchasi aniq topilgan bo'lsa, unda tasodifiy komponentaning matematik kutilishi nolga teng bo'ladi va uning o'rtacha qiymat atrofida tebranishi doimiydir.

Vaqtli qatorning asosiy komponentasi bo'lib **trend** hisoblanadi. Trend –bu vaqt bo'yicha qatorni barqaror tendensiyasi bo'lib, ozmi-ko'pmi tasodifiy tebranishlar ta'siri ozoddir.

Murakkab ijtimoiy hodisa va jarayonlarning o'zgarish tendensiyalari ko'rsatkichlarini faqat u yoki bu tenglamalar, trend chiziqlari bilan taxminiy ifodalash mumkin.

Vaqtli qatorlarda odatda uch ko'rinishdagi tendensiya ajratiladi. O'rta daraja tendensiyasi odatda matematik tenglama yordamida

<sup>6</sup> <http://institutiones.com/download/books/1798-ekonometrika-orexov-uchebnoe-posobie.html>

ifodalangan to'g'ri chiziqning atrofida izlanayotgan hodisaning o'zgarayotgan haqiqiy darajasini ifodalaydi:

$$Y(t) = f(t) + e(t)$$

Bu funksiyaning mazmuni shundaki, trendning qiymatlari vaqtning ayrim momentlarida dinamik qatorning matematik kutilishi bo'ladi.

Dispersiya tendensiyasi qatorning empirik darajalari va determinallangan komponentasi o'rtasidagi farqni o'zgarish tendensiyasini xarakterlaydi.

Avtokorrelyatsiya tendensiyasi dinamik qatorning alohida darajalari o'rtasidagi aloqalarni xarakterlaydi.

Izlanayotgan trend tenglamasini tanlashda **soddalik prinsipiga** amal qilish kerak, va u bir nechta xildagi chiziqlardan empirik ma'lumotlarga eng yaqinini (bir muncha soddasini) tanlashdan iborat bo'ladi. Buni shu bilan yana asoslashadiki, chiziqli trendning tenglamasi qancha murakkab bo'lsa va u qancha ko'p parametrlarni o'z ichiga olsa, ularning yaqinlashish darajasi teng bo'lganida ham bu parametrlarni ishonchli baholash shuncha qiyinlashib boradi.

Amaliyotda ko'pincha quyidagi asosiy ko'rinishdagi vaqtli qatorlar trendlaridan foydalaniladi.

Xuddi shuningdek tendensiyalar tiplari va trend tenglamalari ham bo'linadi.

Ekonometrik izlanishlarda tanlangan model bo'yicha yuqorida sanab o'tilgan har bir komponentani **miqdoriy tahlil** o'tkaziladi.

Trendni ajratib olishdan avval, uning mavjudligi to'g'risidagi **gipotezani** tekshirish zarur. Amalda trendning mavjudligini tekshirish uchun bir nechta mezonlar mavjud, ammo asosiy bo'lib sxemada keltirilgan ikkita mezon hisoblanadi.

#### **Trendning mavjudligini tekshirish uchun mezonlar:**

1) bir qatorning ikki qismini o'rtachalarini ayirmasi usuli. O'rtachalarni ayirmasini mavjudligi haqidagi gipoteza tekshiriladi: Buning uchun vaqtli qator ikki teng yoki deyarli teng qismlarga bo'linadi. Gipotezaning tekshirish mezonini sifatida Student mezonini qabul qilinadi. Agarda  $t \geq t_0$ , bo'lsa, bunda  $t$ - Student mezonining hisoblangan qiymati;  $t_0$ - mohiyatlilik darajasi  $\alpha$ - da jadvaldagi qiymat, unda trendning mavjud emasligi haqidagi gipoteza inkor etiladi; agarda  $t < t_0$  bo'lsau holda ( $H_0$ ) gipoteza qabul qilinadi;

2) Foster – Styuart usuli. Hodisaning tendensiyasi va vaqtli qator darajalarining dispersiyasini trendini mavjudligi aniqlanadi. Ko‘pincha bu usul vaqtli qatorni chuqur (detal nom) tahlil qilishda va u bo‘yicha prognozlarni tuzishda qo‘llaniladi.

Chiziqli trendning eng soddasi bo‘lib to‘g‘ri chiziqli hisoblanadi, va u chiziqli tenglama trendi bilan ifodalanadi:

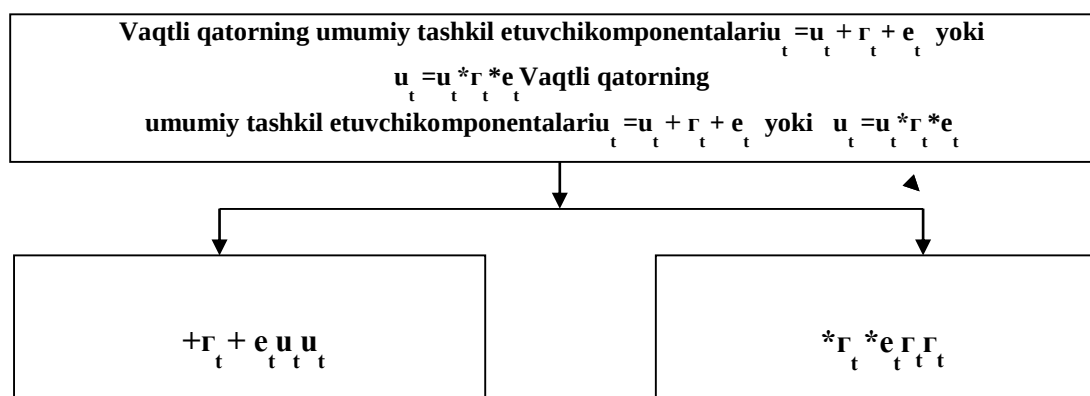
$$\hat{y}_i = a_0 + a_1 \cdot t_i,$$

bunda  $\hat{y}_i$  – i-nomerli yil uchun trendning tekislangan (nazariy) darajalari;

$t_i$  – vaqtli qatorning darajalari tegishli bo‘lgan momentlar yoki vaqt davrlari nomerlari;

$a_i$ , - trend parametrlari.

Vaqtli qatorni tashkil etuvchi komponentlarini modellari: additiv va multiplikativ (11.2.-rasm).



### 11.2.-rasm. Vaqtli qatorni tashkil etuvchi komponentlarining modellari<sup>7</sup>.

Trend parametrlari qiymatlarivaeng kichik kvadratlar usuli bo‘yicha aniqlanadi. Buning uchun normal tenglamalar tizimi tuziladi. Ikki noma‘lumli tenglamalarni yechish uchun sanoq boshini qatorning o‘rtasiga o‘tkaziladi. Vaqt davrlarini qatorning aniq o‘rtasidan nomerlaganda nomerlarning  $t_i$  yarmi manfiy qiymat bo‘ladi, va yarmi – musbat, ya‘ni bunday holda normal tenglamalar tizimi qisqaradi.

<sup>7</sup> <http://institutiones.com/download/books/1798-ekonometrika-orexov-uchebnoe-posobie.html>

### 11.3. Bir o'lchamli vaqtli qatorlarni modellash usullari

Qisqa muddatga prognozlash keng qo'llaniladigan prognozlash usuli ekstrapolyatsiya usulidir. Ekstropolyatsiya usuli prognozlashni odatda bir o'lchamli vaqtli qatori asosida amalga oshiradi.

Ma'lumki bir o'lchamli vaqtli qatorlarni modellash usullari iqtisodiy ko'rsatkichlarning dinamik qatorlarga asoslangan bo'lib quyidagi to'rt tarkibiy qismlardan tashkil topgandir:

1) tahlil qilinadigan jarayonning uzoq davrda rivojlanish qonuniyatlarini yo'nalishi tendensiyasi;

2) tahlil qilinadigan jarayonda ayrim hollarda uchraydigan mavsumiy tarkibiy qismlar;

3) davriy tarkibiy qismlar;

4) tasodifiy omillar sababi yuzaga keladigan tasodifiy tarkibiy qism.

Rivojlanish yo'nalishi (tendensiyasi) rivojlanishining uzoq muddatli evolyutsiyani bildiradi.

Dinamik qatorlarning rivojlanish yo'nalishi silliq egri chiziq bo'lib, trend deb ataluvchi vaqt funksiyasi bilan ifodalanadi.

Trend – tasodifiy ta'sirlardan holi holda vaqt bo'yicha harakat qonuniyatidir. Trend vaqt bo'yicha regressiya bo'lib, doimiy omillar ta'sirida yuzaga keladigan rivojlanishning deterministik tarkibiy qismidir.

Trendlardagi chetlanishlar tasodifiy omillar sababli yuzaga keladi. Yuqoridagilarga asoslanib vaqt qatori funksiyasini quyidagicha beramiz:

$$y_t = f(t) + \varepsilon_t$$

$f_t$  – jarayonlarning vaqt bo'yicha yo'nalishining doimiy tarkibiy qismi;

$\varepsilon_t$  – tasodifiy tarkibiy qismi.

Vaqtli qatorlar rivojlanishida uchta yo'nalish: o'rta darajalar yo'nalishi; dispersiya yo'nalishi; avtokorrelyatsiya yo'nalishi mavjuddir.

O'rta daraja yo'nalishi  $f_t$  ko'rinishda funksiya bo'ladi.

Dispersiya yo'nalishi - vaqtli qatorlarning empirik qiymatlarining trend tenglamalari yordamida aniqlangan qiymatlaridan chetlanish.

Avtokorrelyatsiya yo'nalishi - vaqtli qatorlarning darajalari o'rtasidagi bog'liqliklarning o'zgarishi.

Iqtisodiy-ijtimoiy jarayonlarni modellashning keng tarqalgan usuli vaqtli qatorlarni tekislash usulidir. Tekislashgan har xil usullar mavjud bo'lib, ularning eng asosiylari qatorlarning amaldagi qiymatlarini hisoblab topilganlari bilan almashtirishdir.

Chiziqli trendlar keng tarqalgan bo'lib ularni umumiy holda quyidagicha yozamiz:

$$\bar{y}_t = \sum_{\tau=-q}^s a_{\tau} y_{t+\tau}$$

bu yerda:

$\bar{y}_t$  -  $t$  davrda tenglama qiymatlarini tekislash;

$a_{\tau}$  -  $t$  davrdan masofada turgan qatorlar darajasining vazni;

$s$  -  $t$  davrdan so'ng darajalar soni;

$q$  -  $t$  davrgacha bo'lgan darajalar soni.

$a_{\tau}$  vazn qabul qiladigan qiymatlarga qarab yuqoridagi formula bo'yicha tekislash o'zgaruvchi o'rta qiymat yoki eksponensial o'rta qiymat yordamida amalga oshiriladi.

Tekislash jarayoni ikki bosqichda amalga oshiriladi: egri chiziq ko'rinishi tanlash, uning parametrlarini baholash.

Egri chiziqning ko'rinishini tanlashning har xil yo'llari mavjud bo'lib, uning grafigi bo'yicha tenglamalari tanlab olinadi.

1) polinomlar:  $\bar{y}_t = a_0 + a_1 t$  - birinchi darajali

$\bar{y}_t = a_0 + a_1 t + a_2 t^2$  - ikkinchi darajali

$\bar{y}_t = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3$  - uchinchi darajali

$\bar{y}_t = a_0 + a_1 t + \dots + a_k t^k$  -  $k$ -chi darajali

2) har xil eksponentlar :

$\bar{y}_t = a_0 a_1^t$

$\bar{y}_t = a_0 a_1^{b_1 t + b_2 t^2}$

$\bar{y}_t = b + a_0 a_1^t$  modifitsilashgan eksponent.

3) mantiqiy egri chiziqlar:

$$\bar{y}_t = \frac{K}{1 + a_0 e^{-a_1 t}}$$

$$\bar{y}_t = \frac{K}{1 + 10^{a_0 + a_1 t}}$$

bu yerda  $e$ - natural logarifm asosi

4) Gompers egri chizig'i:

$$\bar{y}_t = k a_0^{a_i}$$

Egri chiziqli aniqlashning boshqa yo‘li birinchi, ikkinchi va h.k. darajalar ayirmasini topishdan iboratdir ya’ni:

$$\Delta_{t^1} = y_t - y_{t-1}, \quad \Delta_{t^2} = \Delta_{t^1} - \Delta_{t-1}^1, \quad \Delta_{t^3} = \Delta_{t^2} - \Delta_{t-1}^2$$

Bu jarayon ayirmalar bir-biriga tenglashguncha davom etadi.

O‘rtacha absolyut o‘sish bo‘yicha ekstrapolyatsiya.

Prognoz iqtisodiy rivojlanish variantlarini avvalgi rivojlanish omillari va yo‘nalishlari prognoz qilinish davrida ham saqlanib qoladi degan gipoteza kelib chiqib aniqlaydi.

Bunday gipoteza qilishga iqtisodiy holat va jarayonlarning yetarlicha inertligi sabab bo‘ladi.

Dinamik qatorlarning ekstrapolyatsiyasi asosida prognoz qilish har qanday statistik prognozlashlar singari erishilishi lozim bo‘lgan aniq maqsadga yo‘naltirilgan yoki intervalli bo‘lishi mumkin.

Ekstrapolyatsiyani umumiy holda quyidagi funksiya qiymatini aniqlash deb qarash mumkin.

$$y_{t+l} = f(y_i, l, a_j)$$

bu yerda  $y_{t+l}$  – dinamik qatorning prognoz qilinadigan qiymati;

$l$  - oldindan aytilishi lozim bo‘lgan davr;

$y_i$  - ekstrapolyatsiyaga asos qilib olingan qatorlar darajasi;

$a_j$  - trend tenglamalari parametrlari.

Bir o‘lchamli dinamik qatorlar ekstrapolyatsiyalashning eng oddiy usuli shu qatorlarning o‘rta xarakteristikasini qo‘llash hisoblanadi:

- o‘rtacha darajalar, o‘rta absolyut o‘sish va o‘sishning o‘rtacha tezligi.

Qatorlarning o‘rta darajasi asosida ijtimoiy-iqtisodiy holatlarni ekstrapolyatsiyalashda prognoz qilinuvchi daraja qatorlar darajasining o‘rta qiymatiga teng bo‘ladi:

$$y'_{t+l} = \bar{y}$$

Bu holda ekstrapolyatsiya prognostik aniq bahoni beradi. Shunga qaramasdan berilgan baholarning amaldagi ma’lumotlar qiymatlari bilan aniq to‘g‘ri kelishi kamdan-kam hollarda bo‘ladi. Shuning uchun prognoz natijalari ma’lum intervalda berilishi kerak va bu interval

$$y_{t+l} \pm t_{\alpha} S_{\bar{y}}$$

bo‘yicha aniqlanadi.

Bunda  $t_{\alpha}$  - Styudentning tmezoni qiymati

$S_{\bar{y}}$  - o'rtacha kvadrat xatolik va u  $S_{\bar{y}} = \frac{S}{\sqrt{n}}$  yordamida aniqlanadi.

O'rtacha absolyut o'sish bo'yicha ekstrapolyatsiya. Agar rivojlanish yo'nalishi chiziqli deb qabul qilinsa, ekstrapolyatsiya o'rtacha absolyut o'sish bo'yicha amalga oshiriladi.

$$\sigma_{\text{qol}}^2 \leq \rho^2 \quad \rho^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sum \Delta_i}{n}$$

bu yerda  $\sigma_{\text{qol}}^2$  - dispersiya qoldig'i

$\sum \Delta_i$  - ning boshlang'ich va oxirgi qiymatlari oralig'idagi o'sish miqdori.

Bizni qiziqtirgan  $y'_{t+l}$  ning prognoz qiymatlarini topish uchun absolyut o'sish  $\bar{\Delta}$  ni aniqlash lozim. Keyin  $y_i$  ning ekstrapolyatsiyalashga asos qilib olingan dinamik qator darajalarini aniqlab olib ekstrapolyatsiya formulasini quyidagicha yozamiz.

$$y_{t+l} = y_i + \bar{\Delta}t,$$

$t$ - oldindan aniqlanish davri.

O'rta o'sish tezligi bo'yicha ekstrapolyatsiya dinamik qatorlar ko'rsatkichni egri chiziq yo'nalishida bo'ladi degan xulosaga asoslanadi. Bunda prognoz qilinadigan qator quyidagicha aniqlanadi:

$$y'_{t+l} = y_i \bar{T}_p^t$$

$\bar{T}_p$  - o'rta geometrik formula yordamida hisoblangan o'sishning o'rtacha tezligi.

#### 11.4. Vaqtli qatorlarni tekislash usullari

Iqtisodiy qatorlar dinamikasi tendensiyasini aniqlash vaqtida ko'pchilik hollarda turli darajadagi polinomlar:

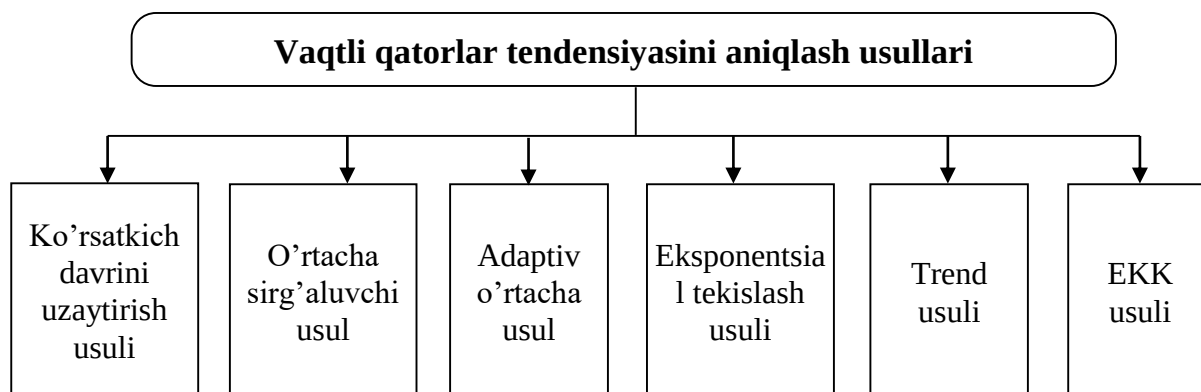
$$\hat{y}(t) = \left[ a_0 + \sum_{i=1}^k a_i t^i \right]^u \quad \begin{matrix} (i = -1, 0, 1, \dots, k) \\ (u = -1, 1) \end{matrix}$$

va eksponensial funksiyalar qo'llaniladi:

$$\hat{y}(t) = \left[ e^{a_0 + \sum_{i=1}^k a_i t^i} \right]^u \quad \begin{matrix} (i = -1, 0, 1, \dots, k) \\ (u = -1, 1) \end{matrix} \quad (11.1)$$



Vaqtli qatorlar tendensiyasini aniqlashni bir necha usullari mavjud (11.3-rasm):



**11.3-rasm. Vaqtli qatorlarni tekislash usullari.**

Shuni qayd etib o'tish lozimki, funksiya shakli tenglashtirilayotgan qatorlar dinamikasi xarakteriga muvofiq, shuningdek, mantiqiy asoslangan bo'lishi lozim.

Polinomning eng yuqori darajalaridan foydalanish ko'pchilik hollarda o'rtacha kvadrat xatolarining kamayishiga olib keladi.

Lekin bunday vaqtlarda tenglashtirish bajarilmay qoladi.

Tenglashtirish parametrlari bevosita eng kichik kvadratlar usuli yordamida baholanadi. Eksponsional funksiya parametrlarini baholash uchun esa boshlang'ich qatorlar qiymatini logarifmlash lozim.

Normal tenglamalar sistemasi quyidagicha bo'ladi:

a)  $k$  tartibli polinom uchun:

$$\begin{cases} na_0 + a_1 \sum t + a_2 \sum t^2 + \dots + a_k \sum t^k = \sum y \\ a_0 \sum t + a_1 \sum t^2 + a_2 \sum t^3 + \dots + a_k \sum t^{k+1} = \sum yt \\ \dots \\ a_0 \sum t^k + a_1 \sum t^{k+1} + a_2 \sum t^{k+2} + \dots + a_k \sum t^{2k} = \sum yt^k \end{cases} \quad (11.2)$$

b) eksponensial funksiya uchun:

$$\begin{cases} na_0 + a_1 \sum t + a_2 \sum t^2 + \dots + a_k \sum t^k = \sum \ln y \\ a_0 \sum t + a_1 \sum t^2 + a_2 \sum t^3 + \dots + a_k \sum t^{k+1} = \sum t \ln y \\ \dots \\ a_0 \sum t^k + a_1 \sum t^{k+1} + a_2 \sum t^{k+2} + \dots + a_k \sum t^{2k} = \sum t^k \ln y \end{cases} \quad (11.3)$$

Agar tendensiya ko'rsatkichli funksiyaga ega bo'lsa, ya'ni

$$y_t = a_0 a_1^t$$

bo'lsa, ushbu funktsiyani logarifmlab, parametrlarini eng kichik kvadratlar usuli yordamida aniqlash mumkin. Ushbu funktsiya uchun normal tenglamalar sistemasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\begin{cases} n \ln a_0 + \ln a_1 \sum t = \sum \ln y \\ \ln a_0 \sum t + \ln a_1 \sum t^2 = \sum t \ln y \end{cases} \quad (11.4)$$

Ko'pincha boshlang'ich ma'lumotlar asosida qatorlar dinamikasining rivojlantirish tendensiyasini tavsiya etish uchun eng qulay funktsiya qaysi biri ekanligini hal qilish masalasi murakkab bo'ladi.

Bunday hollarda funktsiya shakllarini aniqlashning quyidagi ikki xil usulidan foydalanish mumkin: o'rta kvadratik xatolar minimumi usuli bilan funktsiya tanlash; dispersion tahlil usulini qo'llash orqali funktsiya tanlash.

Mantiqiy tahlil hamda tadqiqot tufayli qo'lga kiritilgan shaxsiy tajriba asosida qator turli xil funktsiyalar tanlab olinadi va ularning parametrlari baholanadi.

Shundan so'ng har bir funktsiya uchun quyidagi formula asosida o'rta kvadratik xatolar aniqlanadi:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (y_t - \hat{y}_t)^2}{n - k - 1}}, \quad (11.5)$$

bu yerda:  $y_t$  – qatorlar dinamikasining qiymati;

$\hat{y}_t$  – qatorlar dinamikasi qiymatlarini tenglashtirish;

$k$  – funktsiya parametrlari soni.

Mazkur usul faqat tenglama parametrlarining teng sonida natijalar beradi.

Ikkinchi usul dispersiyalarni taqqoslashdan iborat.

O'rganilayotgan qatorlar dinamikasi umumiy variatsiyasini ikki qismga, ya'ni tendensiyalar tufayli sodir bo'ladigan variatsiyalar va tasodifiy variatsiyalar yoki  $V = V_1 + V_2$  bo'lishi mumkin.

Umumiy variatsiya quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$V = \sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y})^2, \quad (11.6)$$

bu yerda,  $\bar{y}$  – qatorlar dinamikasining o'rtacha darajasi.

Tasodifiy variatsiyalar quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$V_2 = \sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2. \quad (11.7)$$

Umumiy va tasodifiy variatsiyalarning farqi tendensiyalar variatsiyasi hisoblanadi:

$$V_1 = V - V_2. \quad (11.8)$$

Tegishli dispersiyalarni aniqlashda daraja erkinligi quyidagicha bo‘ladi:

1. Tendensiyalar tufayli dispersiyalar uchun daraja erkinligi soni tekislash tenglamasi parametrlari sonidan bitta kam bo‘ladi.

2. Qatorlar dinamikasi darajasi soni bilan tekislash tenglamasi parametrlari soni o‘rtasidagi farq tasodifiy tendensiyalar uchun daraja erkinligi soniga teng bo‘ladi.

3. Umumiy dispersiyalar uchun daraja erkinligi soni qatorlar dinamikasi darajasi sonidan bitta kam bo‘ladi. Chiziqli funksiya uchun dispersiyalar quyidagicha hisoblanadi:

$$S^2 = \frac{V}{n-1}, \quad (11.9)$$

$$S_1^2 = V_1, \quad (11.10)$$

$$S_2^2 = \frac{V_2}{n-2}. \quad (11.11)$$

Dispersiyalar aniqlangandan so‘ng  $F$  - mezonning empirik qiymati hisoblanadi:

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2}. \quad (11.12)$$

Olingan qiymatni erkinlik va ehtimollik darajasiga muvofiq aniqlangan jadval qiymati bilan taqqoslanadi.

Agar  $F > F_\alpha$  ko‘rinishidagi tengsizlik bajarilsa, u holda tahlil qilinayotgan tenglama ifodalanayotgan tendensiya uchun to‘g‘ri keladi. Bunday hollarda tahlil qilishni mantiqiy tushunchalarga mos keladigan oddiy tenglamalardan boshlab, asta-sekin kerakli daraja aniqlanguncha qadar murakkabroq darajalarga o‘tib borish lozim.

Trend aniqlangandan keyin boshlang‘ich qatorlar dinamikasiga tegishli darajada trendning qiymati olinadi. Tahlil bundan keyin trenddan chetga chiqishi mumkin.

$$z(t) = y(t) - \hat{y}(t) \quad (11.13)$$

$z(t)$  chetga chiqishi  $\sigma^2$  arifmetik dispersiyali o‘rtacha nolga teng bo‘ladi.

Tenglama parametrlarini aniqlash zarur:

$$\hat{y}(t) = a_0 + a_1 t, \quad (11.14)$$

$$\hat{y}'(t) = a'_0 + a'_1 t. \quad (11.15)$$

Normal tenglamalar sistemasi to'g'ri chiziqli tenglamalar uchun quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\begin{cases} na_0 + a_1 \sum t = \sum y \\ a_0 \sum t + a_1 \sum t^2 = \sum ty \end{cases} \quad (11.16)$$

Dinamika tendensiyasini aniqlashning eng sodda usuli **qator darajalari davrini uzaytirish usulidir**. Bu usulda ketma-ket joylashgan qator darajalari teng sonda olib qo'shiladi, natijada uzunroq davrlarga tegishli darajalardan tuzilgan yangi ixchamlashgan qator hosil bo'ladi.

**O'rtacha sirg'aluvchi usul** - bu qator darajalarini birin-ketin ma'lum tartibda surish yo'li bilan hisoblangan o'rtacha darajadir.

O'rtacha sirg'aluvchi usulda qator ko'rsatkichlaridan doimo teng sonda olib, ulardan oddiy arifmetik o'rtacha hisoblash yo'li bilan aniqlanadi.

Ularni toq yoki juft sonda olinadigan qator ko'rsatkichlari asosida hisoblash mumkin.

O'rtacha sirg'aluvchi usul o'rtacha qiymatni aniqlash vaqtida tasodifiy chetlanishlarning o'sish holatiga asoslanadi.

O'rtacha faktik qiymatlar qatorlari dinamikasi tekislanayotgan vaqtda sirg'anishning o'rtacha nuqta davrini ko'rsatadigan o'rtacha qiymatlar bilan almashinadi.

Odatda o'rtacha sirg'anuvchi usulning ikki modifikatsiyasidan, ya'ni oddiy va vaznli tekislashdan foydalaniladi.

Oddiy tenglashtirish o'rtalikdagi  $p$  uzunlikdagi vaqt uchun oddiy o'rta arifmetik hisoblashdan tuzilgan yangi qator tuzishga asoslanadi:

$$y_k = \frac{\sum_{t=k}^{p+k} y_t}{p} \quad (k=1, 2, \dots, N-p+1), \quad (11.17)$$

bu yerda,  $p$  - tenglashtirish davri uzunligi vaqtli qatorlar xarakteriga bog'liq bo'ladi;  $k$  - o'rtacha qiymatning tartib nomeri.

Vaznli tenglashtirish turli nuqtadagi qatorlar dinamikasi uchun vaznli o'rtacha qiymatlarni o'rtachalashtirishdan iborat.

Birinchi  $2p+1$  qatorlar dinamikasini olib ko'raylik ( $p$  odatda 1 yoki 2 ga teng). Tendensiyalar funksiyasi sifatida qandaydir:

$$y_t = \sum_{i=0}^k a_i t^i \quad (11.18)$$

(11.18) to'la darajasini olaylik.

Uning parametrlari

$$a_0 \sum_{-p+1}^{p+1} t^i + a_1 \sum_{-p+1}^{p+1} t^{i+1} + \dots + a_k \sum_{-p+1}^{p+1} t^{i+k} = \sum_{-p+1}^{p+1} y_i t^i \quad (11.19)$$

tenglamasi yordamida eng kichik kvadratlar usuli bilan aniqlanadi.

Ko'phad (polinom) o'rtacha darajasi  $p+1$  nuqtasiga joylashgan.  $a_0$  ga nisbatan tenglamani yechsak:

$$a_0 = b_1 y_1 + b_2 y_2 + \dots + b_{2p+1} y_{2p+1} \quad (11.20)$$

hosil qilamiz. Bu yerdagi  $b_i$  qiymati  $p$  va  $k$  mohiyatiga bog'liq bo'ladi. Hosil bo'lgan tenglama (11.20) birinchilardan  $2p+1$  qatorlar dinamikasi qiymatining vaznli o'rtacha qiymat arifmetikasi hisoblanadi.

Ekspontensial usuli hozirgi paytda, dinamik qatorlarga asoslangan usullardan eng muhim usul deb hisoblanadi.

Dinamik qatorlarni bashoratlashda ma'lumotlarni yildan yilga o'zgartirishini e'tiborga olish zarur.

Oxirgi yillardagi o'zgarish tendensiyasini ahamiyatini oshirib, dinamik qatorni birinchi yillardagi o'zgarish tendensiyasini ahamiyatini kamaytirish zarur.

Bashoratlashning oddiy modellaridan biri bo'lgan vaqtli funksiyasini ko'rib o'tamiz. Umumiy holda vaqt bo'yicha olingan funksiyasini

$$u_t = f(t) \quad (11.21)$$

$$y_t = a_0 + a_1 t \quad (11.22)$$

ko'rinishida ifodalash mumkin.

### **Nazorat savollari:**

1. Dinamika qatorlarining qanday turlarini bilasiz? Ular bir-biridan qanday jihatlari bilan farq qiladi?
2. Moment (on, payt) va davr deganda nimani tushunasiz?
3. Dinamika qatorlari variatsion qatorlardan qanday xususiyatlari va alomatlari bilan farq qiladi?
4. Variatsiya va tebranuvchanlik tushunchalari ayniyat-mi? Yo‘q bo‘lsa, sabablarini tushuntirib bering.
5. Umumiy ko‘rinishda dinamik darajalari qanday tarkibiy elementlar bilan xarakterlanadi?
6. Asriy va lokal tendensiya deganda nimani tushunasiz? Qisqa muddatli qatorlarda ayrim trendlar namoyon bo‘ladimi?
7. Siklik (davriy) tebranishlar nima? Har bir davr qanday bosqichlardan tarkib topadi?
8. Mavsum tushunchasi nimani anglatadi, mavsumiy tebranishlar-chi?
9. Tasodifiy tebranishlar deganda nimani tushunasiz? Ularni mavsumiy va davriy tebranishlardan qanday ajratib olish mumkin?
10. Asriy tendensiyalarni aniqlash uchun qaysi usullarni qo‘llash eng samarali natija beradi?
11. Sirg‘anchiq o‘rtacha nima va qachon qo‘llanadi?
12. Markazlashtirilgan sirg‘anchiq o‘rtacha nima va u qanday tartibda hisoblanadi?
13. Trend tenglamalari nima maqsadda tuziladi, ularning qanday shakllarini bilasiz va qanday sharoitlarda ular qo‘llanadi?
14. Asriy tendensiyalarni aniqlash maqsadida qanday sirg‘anchiq o‘rtacha usuli qo‘llanadi va nima uchun uni trend tenglamasi bilan birgalikda qo‘llash zarur?
15. Dinamik qatorlarini tahlil qilishda qanday ko‘rsatkichlar hisoblanadi?

## XII BOB. PROGNOZLASHNING EKSPERT USULI

### 12.1. Ekspert baholash usulining mohiyati.

### 12.2. Ekspert baholash usulining amalga oshirish bosqichlari.

### 12.3. Ekspert baholashning boshqa usullari.

#### 12.1. Ekspert baholash usulining mohiyati

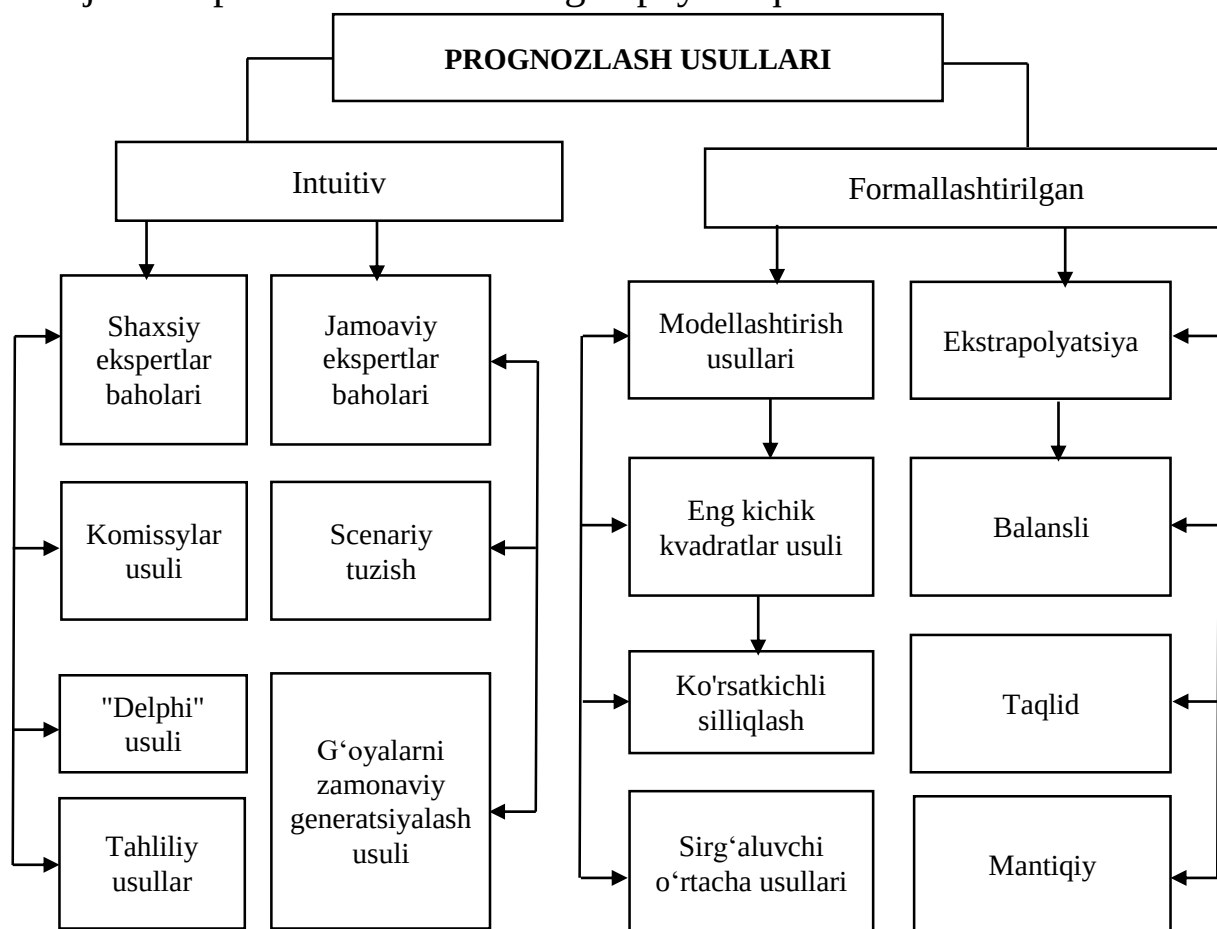
Keyingi yillarda prognozlashning ekspert usuli keng rivojlandi.

Bu usulni qo'llash yordamida prognozlashni ishlash davrida paydo bo'ladigan katta muammolar qismini yechish mumkin bo'ladi.

Ikkinchi jahon urushidan keyin ekspert baholash nazariyasi va amaliyoti fani paydo bo'ldi.

Bu usul muammolarni yechishda qachonki matematik usullar yetarli samara bermaganda qo'llaniladi.

Hamda o'rganilayotgan obyekt to'g'risida ma'lumotlar yetarli darajada to'plash murakkab bo'lgan paytda qo'llaniladi.



12.1-rasm. Prognozlash usullari tasnifi

### **Prognozlashning ekspert usuli**

Ekspert jamoasi yordami bilan prognozlashni yo'lga qo'yishi uchun asosan quyidagilarga e'tibor berishi lozim:

- malakali ekspert guruhlarni shakllantirish;
- ekspertizalarni tayyorlash va o'tkazish;
- olingan hujjatlar yordamida statistik hisoblashlarni o'tkazish.

### **Prognoz qilish usullarining turkumlanishi**

Har qanday prognozni aniqligi va ilmiy asoslanganlik darajasi ko'p jihatdan aynan shu o'rganilayotgan mummo bo'yicha prognostirirayotgan sohaning mutaxassislari fikrini ham hisobga olish kerak.

Ularni tajribalari va bilimlarini hisobga olgan holda shu ishga jalb qilish bilan birgalikda ular bilan qanday ishlash masalasi turadi.

Bu masala keyingi yillarda ishlab chiqilgan ekspert baholash usulida o'z aksini topgan.

### **Ekspert (lotincha «tajribali») degan lug'aviy ma'noga ega.**

Albatta yirik tajribali mutaxassisni ishlab turgan joyidan ishdan ajratib prognostirish bosqichlarida qatnashishga jalb etish bir oz mushkul masala.

Prognostirishning evristik (intuitiv) usullari mutaxassislarning shaxsiy fikrlari yoki ekspertlar kollektivining mulohazalariga asoslangan usullar kiradi. Bu usullar mutaxassislarning shu sohadagi ish tajribasi yoki o'z sohasi ustalarining shaxsiy intuitsiyalari, avvallari xuddi shuningdek masalalarni samarali hal qilganidagi orttirilgan ko'p yillik tajribasi va bilimlariga asoslanadi.

Hozirgi kunda qo'yilgan iqtisodiy muammolarni muhokama qilishda intuitiv usullar qo'llaniladi.

Prognostika nuqtai nazaridan ekspert bu shunday sohalar mutaxassisidirki, u amaldagi va yetilib turgan ziddiyatlarning mumkin bo'lgan yo'llari va alternativlarini baholaydi va gipoteza qiladi hamda o'z faoliyatida unga asoslanadi.

## **12.2. Ekspert baholash usulining amalga oshirish bosqichlari**

**Ekspert usulida prognostirishning asosiy bosqichi bu:**

1) Prognostirishni ishlab turgan (ekspertizaga tayyorlanish);  
**ekspertlar so'rovini o'tkazish, so'rov natijalarini qayta ishlash.**



Bu bosqichda quyidagi vazifalar yechilishi zarur:

- a) prognozni ishlashni tashkiliy ta'minotini tayyorlash;
  - b) prognoz topshirig'ini shakllantirish;
  - d) ishchi, analitik va maslahatchilar guruhini shakllantirish;
  - e) ekspert komissiyani shakllantirish;
  - f) prognozni ishlashda metodik ta'minotni tayyorlash
- ye) prognoz o'tkazish uchun axborot bazasini tayyorlash yoki prognozni kompyuter orqali amalga oshirishni tayyorlash.

Ekspertizani tashkil qilish jarayoni quyidagi bosqichlardan iborat ya'ni rahbarlik hujjatlarini tuzish. Bunda ekspertizani o'tkazishning asosiy holati ko'rsatiladi. Maqsad, uni bajarish bo'yicha vazifalar, ekspertlar guruhi va ishchi guruhini tarkibi va vazifalari, ishni ta'minlash uchun zarur manbalar, ishni bajarilish muddati, ishchi va ekspert guruhini tanlash.

Shuningdek o'tkaziladigan so'rov usulini ishlab chiqish. Bu bosqichda o'tkaziladigan so'rovni vaqti joyi, vazifasi, o'tkazish shakli, zarur hujjatlar tarkibi. So'rov shakli – individual yoki gruppovoy korinishda bo'lishi mumkin. Anketali (sirtidan), og'zaki,

Ekspert baholash usulining mohiyati fikrlar miqdoriy baholangan va natijalar formal ishlangan holda ekspertlar tomonidan muammolarning intuitiv-mantiqiy tahlil qilinishidan iboratdir.

Ekspertlarning ishlov berish natijasida olingan umumlashma fikrlari muammoni hal qilish deb qabul qilinadi. Intuitsiyadan, mantiqiy fikrlardan va miqdoriy baholardan kompleks foydalanish muammoni samarali hal qilish imkonini beradi.

Ekspert baholash usulining asosiy vazifasi miqdoriy xarakteristikaga ega bo'lmagan jarayonlar prognozini, ayrim iqtisodiy jarayonlarni rivojlantirishning alternativ imkoniyatlari haqidagi sifat axborotini olishdan, formal va intuitiv usullarni to'g'rilash va o'zaro uyg'unlashtirishdan, iqtisodiy jarayonlar prognoziga ma'lum darajada normativ omillar kiritishdan iboratdir.

Ekspertlarning o'zlari ikkinchi bosqichda qatnashadilar.

Tayyorgarlik ishi uch qismdan iborat:

- 1) savol shakli va mazmunini belgilash;
- 2) savollar ro'yxatini tuzish.
- 3) ekspertlarni shaxsan tanlash va ularni ekspertlar so'roviga jalb etish.

Amaliyotda sinalgan turlicha so'rov shakli qo'llaniladi. So'rov shakllari: intervyu olish, muloqot, yig'ilish(kengash), g'oyalarni tanlash, o'yinlar o'tkazish, anketa tuzish va Delfi usuli.

So'roqlar individual yoki guruhlarda, yuzma-yuz va sirtidan o'tkazilishi mumkin.

Yuqorida keltirilgan usullarning ikkitasi intervyu olish va anketalashtirish( javoblar yozma ravishda beriladi) individual(yakka) turiga kiradi. Qolgan usullar guruhli(kollektiv)ga kiradi.

Ekspertlar baholashni yakka va kollektivga misol o'qishdagi talabaga o'qituvchi tomonidan baho qo'yishi. Yoki vrachni diagnozi. Kollektiv murakkab hollatlarda o'qishdan chetlashtirish yoki vrachlar konsilumi.

Armiyada komandir bir o'zi hal qilishi mumkin. Yoki og'ir ahvolda harbiy kengashga murojaat qilinadi.

Anketa va intervyularda savolni tanlash qiyin. Savollar ochiq yoki yopiq yoki bir necha shaklda bo'lishi mumkin. Ochiq javoblar sifatli yoki erkin holda sonli ifodalarda bo'lishi mumkin.

Yopiq savolga javoblar: «ha», «yo'q», «bilmayman» singari bo'ladi. (Ko'p savollar bo'lganda zarur javob chiziladi.

Ekspertiza usuli yuzma-yuz(ochnaya) va sirtqi turlariga bo'linadi.

Yuzma yuz ekspertlarning shaxsiy ishtirokida amalga oshiriladi ya'ni intervyu olish, muloqot, kengash, g'oyalar generatsiyasi, ish o'yinlari . Sirtidan o'tkazishga anketalashtirish va Delfi usuli kiradi.

Ekspert guruhlarini tuzish.

Ekspert baholash usulining samaradorligi eng avvalo ekspert guruhini shakllantirishga bog'liqdir. Mutaxassisligi, kasbiy sifati, shaxsiy tajribasiga shu sohani chuqur bilishi eng muhimdir. U ko'p kitoblari bilan mashhur bo'lishi mumkin, taniqli olimdir lekin eng asosiysi uning kompetentligini aniqlash kerak.

Avvalambor ekspertlarni tanlash, ularning malakalariga e'tibor berish va keyinchalik guruhlar tuzish zarur.

Kerakli belgilardan ekspertning ishchanligi, mahorati zarur. Buning uchun ko'p mutaxassislarga savol berib u yoki bu sohada kim ekspert ekanligini so'rash mumkin. Keyinchalik eng ko'p ovoz olganni ekspert guruhiga kiritish lozim.

Ishbilarmonlik bilan ishtirokchilarning boshqa sifatleri ilmiy yondashishi, fikrlash doirasi va saviyasi ham hisobga olinadi.

Guruhlardagi ekspertlar soni so‘rov usuliga bog‘liq. Yuzma-yuz uchrashuv uchun 10-15 kishi kifoya. Agar vaqt, mehnat va mablag‘ sarfi cheklanmagan bo‘lsa, sirtidan so‘roq o‘tkazganda ekspertlar soni cheklanmagan.

Ekspertlarni tanlash. Bu ish, odatda, ilmiy-texnik va ma‘muriy manfaatlar sohalarini aniqlashdan boshlanadi. So‘ngra bu sohalarga daxldor shaxslar ro‘yxati tuziladi. Tuzilgan ro‘yxat ekspert uchun nomzodlar tanlashda asos bo‘ladi.

Ekspertlar guruhini tuzishda ekspertiza muammosini samarali hal qilish umumiy talab hisoblanadi. Muammoni hal qilish samaradorligi ekspertiza ishonchliligining xarakteristikalarini bilan belgilanadi.

Ekspert baholashning ishonchliligi faqat muammoni amaliy hal qilish va uning natijalarini tahlil qilish asosidagina belgilanishi mumkin. U, odatda, faqat tajribaga asoslangan ma‘lumotlar bo‘yicha amalga oshiriladi.

Ekspertiza muntazam ravishda taxminan bir xil tarkibdagi ekspertlar yordamida o‘tkazilsa, ekspertlar guruhi ishining ishonchliligi bo‘yicha statistik ma‘lumotlarni jamg‘arish hamda ishonchlilikning barqaror raqamli baholarini olish imkoni yaratiladi. Ekspertiza turlari analitik yozishma (zapiska), aylana stol, konferensiya, ekspertlarni chiqishi ko‘rinishida bo‘ladi.

G‘oyalarni «kollektiv generatsiyalash» usuli (Aqliy hujum)

Bu usul «g‘oyalar jangi» deb nom olgan. U yuzma-yuz so‘rov usuli bo‘lib XX asrning 50-yillarida A.Osborn tomonidan kashf etilgan. U AQSH va Yaponiyada keng qo‘llanilgan. Tayyorlov bosqichida dastlab 10-15 kishidan iborat aqlar hujumi guruhi tuziladi. Tayyorgarlik jarayonida ekspertlarga eslatma tayyorlanadi va unda muammoli holatlar, markaziy masalalar, muhokama savollari va oldindan g‘oyalarni o‘ylab qo‘yish so‘raladi. Aqlar hujumini o‘tkazilishining asosiy qoidalari yuboriladi.

Yig‘ilishni o‘tkazish uchun rais saylanadi. U yig‘ilishni ochadi. Ekspertlarga nutq uchun 2-3 minut ajratiladi va u bir necha gal takrorlanadi ya‘ni so‘z oluvchilar qisqa ko‘rinishda o‘z g‘oyalarini ifodalashi lozim.

Bu usulda tanqidiy fikrlar ijobiy muhokama qilinadi. Tanqid qilganlarni yerga urib tashlaydiganlarni ishtirokchilar safidan chiqarib yuboriladi. Seans haqiqatda hujum shaklini olishi kerak.

Keraksiz safsata bo'lishiga yo'l qo'yilmaydi.

Muhokama stenogramma qilinadi yoki diktafonga yozib olinadi.. Muhokamaga 15- 20 minutdan to 40-45 minut ajratiladi.

Albatta yangi g'oyalar boshqa paydo bo'lmaydi. Agar ishtirokchilar ko'payib ketsa ular guruhlarga ajratiladi.

Keyingi bosqichda seans natijalari boshqa mutaxassislar guruhi tomonidan qayta ishlanadi.

Bu bosqichda jami g'oyalar tanqid etiladi va g'oyalar, takliflarning so'nggi ro'yxati tuziladi. Bu ro'yxatga samarali va amaliy g'oyalar kiritiladi.

Kollektiv ekspertiza o'tkazishda so'rovning quyidagi asosiy turlaridan foydalaniladi: intervyu, intervyu-anketa, anketalash, aralash anketalash, munozara, kengashish, «aql hujumi» usuli.

Intervyu olishda texnik xodim ekspert bilan ma'lum dastur asosida erkin o'tkaziladigan suhbat jarayonida beriladigan bahoni aniqlaydi.

Intervyu-anketa paytida beriladigan savollar birmuncha konkret xarakterga ega bo'ladi, ularning natijasi esa oldindan belgilangan bo'ladi. Intervyu ekspert baholarini yozma tarzda qayd qilib boradi. Bunda ekspert ishtirokida oldindan tayyorlangan anketa to'lg'azib boriladi.

Anketalashtirish - bu ekspertning anketa savollariga bergan yozma javoblaridir. Teskari aloqali anketalashtirishda ekspertlarni so'roqlash bir necha bosqichlarda amalga oshiriladi va bunda so'roqning ayrim natijalari ayrim ekspertlarning baholari va ularning argumentatsiyalari ham qo'shilgan holda ekspertlarga oldingi bosqichda yetkazilgan bo'ladi.

So'rov turlarining har biri ekspertlar o'rtasida axborotlar ayriboshlashda va ularning mustaqil ijodini tashkil etishda o'z afzallik va kamchiliklariga ega.

U yoki bu so'rov turini tanlashni belgilab beradigan asosiy omillar ekspertizaning maqsad va vazifasiga, tahlil qilinadigan muammoning mohiyati va murakkabligiga, boshlang'ich axborotning hajmi to'liqligi va ishonchliligiga, ekspertlarni so'roqlash mumkin bo'lgan vaqt va davrga, shuningdek ekspertlar va boshqarish guruhi a'zolari soniga, ularning xarakteristikasiga va hokazolarga bog'liq bo'ladi.

Kollektiv ekspertiza ekspertlarning huquq doiralarini hisobga olgan yoki olmagan holda o'tkazilishi mumkin. Birinchi holda ishchi guruhi

har bir ekspertdan uning prognozlanadigan sohani bilish darajasi haqidagi ma'lumotlarni hamda uning fikrlari shakllanishi manbalarini so'rab chiqadi. Bu ma'lumotlar ekspertlarning tayyorgarlik darajasi va ishlab chiqarish tajribasini baholash uchun zarurdir.

Kollektiv ekspert baholash natijasi umumlashtiruvchi hujjat hisoblanib, unda prognozlanadigan davr mobaynida tadqiq qilinadigan obyektни rivojlantirish yo'llari bayon qilinadi. Ular ichidagi eng oddiy usul – komissiya usulidir.

Lekin bu usul bir necha nomaqbul hodisalarni bartaraf qila olmaydi. Shuning uchun hiyla aniq ekspertiza usullariga zarurat tug'iladi.

«O'tkazilgan baho» usuli yoki «aqliy hujum» usuli ma'lum darajada «komissiyalar» usulining kamchiliklarini bartaraf qiladi. «O'tkazilgan baho» usulining mohiyati shundan iboratki, unda ekspertlar ikki guruhga bo'linadi.

Birinchi guruh mazkur masala bo'yicha o'z fikrlarini bildiradi. Ikkinchi guruh olingan axborotni o'rganadi va bu axborotni baholash bosqichi hisoblanadi.

Bunday mehnat taqsimoti sharoitida fikrlarni erkin bayon qilish va intellektual mehnat samaradorligini oshirish uchun real imkoniyatlar yaratiladi.

### **Delfi usuli – ekspert baholashning bir turidir.**

Bu usul yordami izlanayotgan yechim tezlikda amalga oshiriladi.

U AQSHda XX asrning 60-yillarida O.Xelmer tomonidan yaratilgan. Bu usul bir qator mamlakatlarda sinovdan o'tgan ayniqsa ilmiy texnik progress muammolarini tekshirishda qo'llanilgan.

Bu usul arzon usullardan bo'lib hisoblanadi. U sirtidan so'rov o'tkazishga asoslangan. Uning xususiyatlari: sirtqi, anonim (yashirin), va so'rovlar bir necha bosqichlarda o'tkaziladi, testkari aloqa ham mavjud, birinchi turdan tashqari har gal ekspertlar oldingi turdagi natijalar haqida axborot olishadi.

Dastlab ekspertlarga anketalar tarqatiladi, unda muammo izohlanadi, savollar ro'yxati va unga javob berish tavsifi keltiriladi.

Ekspert javoblarni qo'l qo'ymasdan pochta orqali yoki ye-mayl jo'natadi. Tashkilotchilar ekspertlar javoblarini qayta ishlaydi, ular bo'yicha guruhii baho chiqaradi, mazmun jihatdan o'rtachalarni, farqlar va dispersiyani hisoblaydi. Bir oy o'tgandan keyin ikkinchi tur o'tkaziladi.

Ekspertlarga birinchi tur natijalari xulosalari bayon qilinib savollar beriladi. Ekspertlarga yana qayta ishlangan savollar yuboriladi. Birinchi tur javoblarini inobatga olib ekspertlardan savollarga javob berishi soʻraladi. Ikkinchi tur javoblari yana umumlashtirilib zarur boʻlsa yana qoʻshimcha turlar oʻtkaziladi.

Agar uchinchi turdan soʻng javoblardagi farqlar katta boʻlmasa soʻrov oʻtkazish toʻxtatiladi.

Oxirgi tur natijalari umumlashtiriladi va tugallangan hisoblanadi. Baʼzida toʻrtinchi tur ham oʻtkazilishi mumkin.

Bu usulni afzallik tomoni:

Avtoritetlar bilan spor yoʻqligida.

Munozarali vaziyatlarni yoʻqotadi.

Ekspertlarning anonimligi.

Har bir bosqichda ekspertlarning oldingi natijalardan xabardorligi.

Kamchiligi koʻp vaqt talab qilinishi (3-4 turda boʻlishi)

### 12.3. Ekspert baholashning boshqa usullari

**Morfoligik tahlil usuli.** Morfologik tahlil usuli iqtisodiy hodisalar toʻplamini oʻzaro bogʻlangan tarkibidan foydalanadi va oldindan belgilangan qandaydir mulohazalardan toʻliq holi boʻlishga asoslanadi.

Morfologik usul obyektini iqtisodiy izlanishini tartibga keltirilgan va analitik masalani yechishni barcha variantlari boʻyicha tizimga keltirilgan maʼlumotlarni olishga yoʻnaltirilgan usul sifatida koʻriladi (asosiy tamoyil-mavjud imkoniyatlarni oʻtkazib yubormaslik, qatʼi koʻrib chiqmasdan hech narsani tashlab yubormaslik).

Bunday yondashish “morfologiya qutisi” deb nomlanadi va tahlil obyektini ifodalovchi barcha koʻrsatkichlarni oʻrganib chiqishni, iloji bor yechimlarni barcha variantlarini koʻrib chiqishni taqozo etadi.

“Morfologiya qutisi” maqsadlar daraxti yoki matritsa koʻrinishida tuziladi, yaʼni koʻp oʻlchamli fazoni ifodalaydi, bunda alohida tashkil qiluvchilarni har bir bogʻlanishi faqat bir imkoni bor yechimdan tashkil topadi (yoki yechim umuman boʻlmaydi).

Iqtisodiy tahlilda shunday morfologik matritsa tuzish kerakki, unda tahlil obyektining xoʻjalik faoliyatini barcha asosiy koʻrsatkichlari; rejadan, meʼyordan chetga chiqishning barcha sabablari ifodalanadi.

Masalan, mahsulotni sotish hajmi bo'yicha rejani bajarilmaslik sabablari bo'lishi mumkin:

- o'z vaqtida shartnomani tuzilmaganligi;
- tugallanmagan mahsulotni to'liq komplektlan-maganligi;
- yangi mahsulotni tayyorlash loyiha hujjatlarini yo'qligi;
- ishlab chiqarishdagi nomutanosiblik;
- kadrlarni yuqori malakaga ega emasligi va h.k.

Bular birinchi tartibli sabablardir; bularning har biridan ikkinchi tartibli sabablar ham bo'lishi mumkin.

Masalan, korxonada nokomplekt tugallanmagan ishlab chiqarishning sabablari bo'lishi mumkin: yarim fabrikatlarni rejalashtirilgan me'yordan chetlanishi, mehnatni, me'yorlashtirishni rejalashtirish sifatini pastligi va h.k. O'z o'rnida bu sabablardan uchinchi tartibli sabablarni ham detallashtirib keltirish mumkin.

Iqtisodiy jarayonlarning morfologik matritsasini ishlab chiqish tufayli tahlil qilish muddati keskin qisqaradi va to'liq operativ ishga aylanadi, tahlil natijalari rahbarning ish san'atidan bog'liqligi kamayadi, alternativ qarorlar qabul qilish imkoniyati paydo bo'ladi, ahamiyatli bu sohada tizimli yondashish tamoyillari qo'llanadi.

Bu usulni muvaffaqiyatli qo'llashning bir sharti- morfologik matritsani ishlab chiqishda yuqori malakali mutaxassislarning ishtirok etishidir. Morfologik matritsani tuzilishi bilan har qanday o'rta malakali mutaxassis ham yuqori kvalifikatsiya darajasida ishlay oladi.

### **Yetti marta axtarish usuli.**

Bu usul mazmuni 77 matritsani va ba'zi bir usullar tizimini ko'p marta qo'llashdan iborat. Yetti marta axtarish usuliga asosan, ijodiy jarayon yetti stadiyaga bo'linadi:

- 1) muammoli sharoitni tahlili;
- 2) tahlil qilinayotgan obyektдан foydalanishni eng yaxshi sharoitini axtarish(mahsulot, keditni tashkil etish, hisob va xo'jalik yuritish);
- 3) masalani qo'yilishi, uni ifodalash;
- 4) qo'yilgan masalani yechish bo'yicha ilgari surilgan takliflarni ishlab chiqish;
- 5) variantlarni aniqlashtirish;

6) ratsional variantlarni tanlash, ulardan eng yaxshilarini ajratib olish;

7) yechimni amalga oshirish.

### **Assotsiatsiya va o'xshatish (analogiya) usuli.**

Bu usulning mazmuni yangi g'oyalar va takliflarni boshqa u yoki bu obyektlar bilan qiyoslash asosida paydo bo'lgan.

Ko'pincha shaxsiy o'xshashlik usuli qo'llaniladi, bu usul yordamida inson o'zini o'xshash bo'lgan obyekt bilan tenglashtiradi. Bu asosida analitik oldidagi masala mohiyatini yaxshi tushinib yetadi.

Misolqilibtexnikadafoydalanilayotgano'xshashliklarnikeltirishmumkin. Bu sohada azaldan tabiatdagi o'xshashliklar tamoyillaridan keng foydalaniladi. Harbiylar suv osti kemasini loyihalashtirishda delfinning tana tuzilishini analog qilib tanlashgan.

Delfinda teri qavati ikkita bo'lib, birinchi - tashki qavati qalin bo'ladi. Ichki qavati esa yupqa bo'lib suvning bosimi ostida o'z formasini turli tezliklarda turlicha o'zgartirish imkoniyatiga ega.

Suv osti kemasini qurishda delfinning bu xususiyatlaridan foydalanish bir muncha xavfsiz va tez suzuvchi kema qurish imkoniyatlarini berdi. Yana boshqa bir misol, fotokameralardagi optika oynasi bo'lib u bir lahzadagi yorqin nurda tezda qorayish xususiyatiga ega va nur pasayganida yana o'z holiga keladi, bu olinayotgan fotosyomkalarni sifatli bo'lishini ta'minlaydi.

Bunda analog bo'lib kalmarlarning ko'z tizimini tuzilishi olingan, ular qorong'i va yorug' suvlarda bir xildek yaxshi ko'radilar.

Yangi g'oyalarni paydo bo'lishiga har qanday turli simvol, sxema va so'z bilan assotsiatsiyada bo'lish turtki bo'lib xizmat qilishi mumkin. Masalan, pishloqni qirg'ichdan o'tkazishni o'zi daraxt yoki polimerga yangicha ishlov berish g'oyasini keltirib chiqarishi mumkin.

Assotsiatsiya va analoglar yordamida original takliflarni axtarishni umumiy yondashishi quyidagilarga olib keladi. Eng avvalo mulohaza rahbari ko'rilayotgan muammoni qandaydir belgi yoki simvolni oriyentir (mo'ljal) sifatida keltiradi, guruh a'zolari esa berilganga asosan faraz qilinayotgan simvollarini aytadilar. Bu jarayon qaytalanib davom etaveriladi shungacha, qachonki assotsiatsiya zanjirini shakllanishi samarali g'oya tug'ilmagunicha davom etaveradi.



### **Kollektiv bloknoti (ish daftari) va nazorat savollari usuli.**

Kollektiv bloknoti usuli brigada a'zolarining har birini mustaqil g'oyasini ilgari surishni va shu bilan kollektiv baholashga mos kelishini ta'minlaydi.

Bu maqsadda brigadaning har bir a'zosi bloknot oladi, unda umumiy holda tahlil qilinayotgan savol mohiyati ifodalanadi, zarur yordamchi va ma'lumot materiallari (tannarx kalkulyatsiyasi, texnologik tannarx, mahsulotning tannarxi, yuk tashish sxemasi, hujjatlarni aylanishi, rejalashtirish va tahlilda hisob-kitob ma'lumotlaridan foydalanish va h.k.)

Belgilangan vaqt oralig'ida brigadaning har bir a'zosi bloknotiga tahlil natijalarini, ishlab chiqarishni takomillashtirish haqidagi, zaxiralarni aniqlash va foydalanish bo'yicha turli takliflarni yozib boradi.

Shundan so'ng brigadaning har bir a'zosi bu g'oyalarni har birini umumiy bahosini keltiradi, ular ichidan eng yaxshilarini ajratadi. Bajarilgan ishlardan so'ng ishtirokchilar o'z bloknotlarini koordinator-rahbarga topshiradilar, undagi ma'lumotlar asosida umumlashtirilgan hisobot tayyorlanadi.

### **Prognozlashning ekspert usuli**

Prognozlash qilinadigan voqea, jarayonning xususiyatlariga qarab qo'llaniladigan usul samaradorligi ham o'zgarib boradi.

Prognoz uchun asosiy zarur omil – axborot, unga qo'yilgan to'g'rilik, to'liqlik va ishonchlilik kabi talablar bajarilishi prognoz qilinishini yengillashtiradi va prognoz haqiqatga yaqin bo'ladi.

### **Nazorat savollari:**

1. Ekonometrik modellardan prognozlashda qanday foydalanish mumkin?
2. Bashoratlashning ekspert usuliga ta'rif bering?
3. Kollektiv bloknoti (ish daftari) va nazorat savollari usuli.
4. Trend modeli deganda nimani tushunasiz?. Misol keltiring.
5. Assotsiatsiya va o'xshatish (analogiya) usuli.
6. Ekspertlar baholash usulining mazmunini tushuntirib bering ?
7. Yetti marta axtarish usuli.

## **XIII BOB. LAGLI O‘ZGARUVCHILI EKONOMETRIK MODELLAR**

**13.1. Lagli o‘zgaruvchili modellar.**

**13.2. Taqsimlangan lagli modellar.**

**13.3. Almonning polinomial lagli modeli.**

**13.4. Koykning geometrik laglar modeli.**

**13.5. Taqsimlangan laglarning avtoregression modellari.**  
**Avtoregressiya modellarida qoldiqlar avtokorrelyatsiyasini aniqlash uchun Darbining h-mezoni.**

**13.6. Qisman to‘g‘rilash modeli moslashish.**

**13.7. Adaptiv kutishlar modeli.**

**13.8. Xatolarni to‘g‘rilash modeli.**

Ko‘plab iqtisodiy ko‘rsatkichlarni tahlil qilishda (ayniqsa, makroiqtisodiyotda) ko‘p hollarda yillik, choraklik, oylik va kunlik ma‘lumotlardan foydalaniladi. Masalan, bu YAMM, YAIM, sof eksport hajmi, inflyatsiya va hokazolar, mahsulot sotish hajmi bo‘yicha oylik ma‘lumotlar, qandaydir firmaning kunlik ishlab chiqarish hajmi bo‘lishi mumkin. Oqilona tahlil uchun mos keluvchi statistik ma‘lumotlarni olish momentlarini tizimlashtirish zarur.

Bu holda ma‘lumotlarni olish vaqti bo‘yicha tartiblashtirish va vaqtli qatorlar deb nomlanuvchi qatorlarni tuzish kerak.

Faraz qilaylik,  $Y$  ko‘rsatkich tadqiq qilinayotgan bo‘lsin. Uning joriy  $t$  vaqt momentidagi (davridagi) qiymatini  $y_t$  bilan belgilaymiz.  $Y$  ning keyingi davrlardagi (momentlardagi) qiymatlarini  $y_{t+1}, y_{t+2}, \dots, y_{t+k}$ ;  $Y$  ning avvalgi vaqt momentlaridagi qiymatlari  $y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{t-k}$  deb belgilanadi.

Bunday ko‘rsatkichlar o‘rtasidagi bog‘liqliklarni o‘rganishda yoki ularni vaqt bo‘yicha rivojlanishini tahlil qilishda ta‘mir etuvchi omillar sifatida nafaqat o‘zgaruvchilarning joriy qiymatlaridan, balki ularning avvalgi vaqtlardagi qiymatlaridan foydalanilishini tushunish qiyin emas. Bunday turdagi modellar dinamik modellar deb ataladi.

O‘z navbatida ta‘siri ma‘lum kechikish bilan xarakterlanadigan o‘zgaruvchilar lagli o‘zgaruvchilar deb ataladi.

Odatda dinamik modellar ikkita katta sinfga bo‘linadilar:

1. Lagli modellar (taqsimlangan lagli modellar) – lagli o‘zgaruvchilar sifatida faqat bog‘liq bo‘lmagan (ta’sir etuvchi) o‘zgaruvchilarga ega bo‘ladilar.

2. Avtoregression modellar – bu modellarda tenglamalar lagli ta’sir etuvchi omillar sifatida bog‘liq o‘zgaruvchilarni o‘z ichiga oladilar.

Ko‘p hollarda ayrim iqtisodiy omillarning boshqalariga ta’siri oniy bo‘lmaydi, balki ayrim vaqt bo‘yicha kechikish – lag orqali amalga oshiriladi. Iqtisodiyotda laglar mavjudligining sabablari yetarlicha ko‘pdir, ular orasidan quyidagilarni ajratib ko‘rsatish mumkin:

- Psixologik sabablar – bu odatda insonlarning xatti-harakatidagi inersiya orqali namoyon bo‘ladi. Masalan, insonlar o‘zlarining daromadlarini darhol sarflamaydilar, balki sekin-asta sarflab boradilar. Belgilangan hayot tarziga o‘rganish shunga olib keladiki, ayrim insonlar real daromadlari pasayib ketgandan keyin ham ma’lum bir davrgacha avvalgi holatlaridagidek ne’matlarni xarid qiladilar.

- Texnologik sabablar – masalan, kompyuterlarning ixtiro qilinishi, darrov katta EHMLardan voz kechishga olib kelmadi, bu esa o‘z navbatida kompyuterlarga mos keluvchi dasturiy vositlarni ishlab chiqish sababli, ko‘proq uzoqroq vaqtni talab qilgan edi.

- Institutsional sabablar – masalan, firmalar o‘rtasida kontraktlar kontrakt vaqti davomida ma’lum doimiylikni talab qiladi.

- Iqtisodiy ko‘rsatkichlarni shakllantirish mexanizmlari. Masalan, inflyatsiya ko‘p hollarda inersion jarayon hisoblanadi.

### **13.1. Lagli o‘zgaruvchili modellar**

Bunday turdagi modellarning farq qiluvchi xususiyatlari bo‘lib, ularda lagli o‘zgaruvchilar, ya’ni vaqtning avvali momentlarida olingan o‘zgaruvchilar hisoblanadi

Ko‘pincha bog‘liq o‘zgaruvchiga iqtisodiy jarayonlarni modellash-tirishda nafaqat ta’sir etuvchi omilning joriy qiymati, balki uning laglari ham ta’sir ko‘rsatadi. Bunga misol bo‘lib, kapital qo‘yilmalari hisoblanadi: ular har doim natijani ma’lum lag bilan beradilar.

Masalan, korxonada bir yilda ishdab chiqarilgan mahsulot  $y_t$  nafaqat joriy yildagi investitsiyalar  $I_t$ , balki avvalgi yillardagi investitsiyalarga ham bog‘liq bo‘ladi:

$$Y_t = \delta + \beta_0 I_t + \beta_1 I_{t-1} + \dots + \beta_k I_{t-k}.$$

Bunday turdagi modellarni kechikishga ega bo'lgan endogen o'zgaruvchining ekzogen o'zgaruvchidagi o'zgarishlarga munosabatida paydo bo'lganda uchratish mumkin bo'ladi. Shu bilan birga modelga ekzogen o'zgaruvchining laglashtirilgan qiymatlari kirish mumkin (taqsimlangan laglar modeli), masalan,

$$Y_t = \delta + \beta_0 I_t + \beta_1 I_{t-1} + \varepsilon_t,$$

yoki endogen o'zgaruvchi (avtoregression model):

$$Y_t = \delta + \beta_0 X_t + \alpha Y_{t-1} + \varepsilon_t,$$

yoki bir vaqtning o'zida unisi yoki bunisi (taqsimlangan lagli avtoregression model) bo'lishi mumkin.

$$Y_t = \delta + \beta_0 X_t + \beta_1 X_{t-1} + \varepsilon_t \text{ va } Y_t = \delta + \beta_0 X_t + \alpha Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

modellarning baholash nuqtai nazaridan muhim farqi shuki, birinchi holda regressorlar xatolar bilan bog'lanmagan (korrelyatsiyalanmagan), shuning uchun ularni oddiy eng kichik kvadratlar usuli (EKKU) bilan baholash mumkin. Ikkinchi modelda  $Y_{t-1}$  o'zgaruvchi  $\varepsilon_{t-1}$  ni o'z ichiga oladi, regressorlar va xatolar bir-biri bilan bog'langan (korrelyatsiyalangan) bo'ladi, bu esa o'z navbatida baholarning qo'zg'alishiga olib keladi.

Taqsimlangan lagli modellarni -  $DL(q)$  deb ( $q$  - model tartibi – maksimal lag), avtoregression modellarni -  $AR(p)$  deb ( $p$  - model tartibi), taqsimlangan laglar avtoregression modellari -  $ADL(p,q)$  belgilaymiz.

$AR(p)$  yoki  $ADL(p,q)$  turdagi modellarga barqaror (yaqinlashuvchi) yoki nobarqaror (uzoqlashuvchi) vaqtli qatorlar mos keladi.

Qo'zg'alish operatori. Lagli o'zgaruvchilarni o'z ichiga olgan modellar bilan belgilashlar va harakatlar qilishda oson bo'lishi uchun orqaga surish operatori  $L$  dan foydalanish qulaydir:

$$L\{X_t\} = X_{t-1}.$$

Masalan,  $ADL(p,q)$  modelni

$$Y_t - a_1 Y_{t-1} - \dots - a_p Y_{t-p} = \delta + \beta_0 X_t + \dots + \beta_q X_{t-q} + \varepsilon_t, \quad t = \overline{1, n}$$

surish operatori yordamida quyidagi kompakt shaklda yozish mumkin:

$$A(L)Y_t = \delta + \beta(L)X_t + \varepsilon_t, \quad t = \overline{1, n}$$

bu yerda  $A(L)$ ,  $B(L)$  - surpish operatoridan polinomlar:

$$A(L) = 1 - \alpha_1 L - \dots - \alpha_p L^p,$$

$$B(L) = \beta_0 + \beta_1 L + \dots + \beta_q L^q$$

### 13.2. Taqsimlangan lagli modellar

$DL(q)$  modelini ko'rib chiqamiz ( $q$  - maksimal lag):

$$Y_t = \delta + \beta_0 X_t + \dots + \beta_q X_{t-q} + \varepsilon_t, \quad t = \overline{1, n},$$

$x_t$  o'zgaruvchini determinirlashgan (tasodifiy emas),  $\varepsilon_t$  - xatolar esa matematik kutilishi nolga teng va dispersiyasi  $\sigma_\varepsilon^2$  teng bo'lgan additiv oq shovqindir.

$x_t$  o'zgaruvchini oldida turgan  $\beta_0$  regressiya koeffitsiyenti  $x$  omilning lagli qiymatlari ta'sirini hisobga olmaganda qandaydir belgilangan  $t$  vaqt momentida  $x_t$  ning bir birlikka o'zgarishi  $y_t$  o'zgaruvchini o'rtacha qanchaga o'zgarishi xarakterlaydi. Bu koeffitsiyent qisqa muddatli multiplikator deb ataladi.

$(t+1)$  momentda  $x_t$  omilli o'zgaruvchining  $y_t$  o'zgaruvchiga umumiy ta'siri ( $\beta_0 + \beta_1$ ) shartli birlikni tashkil etadi.  $(t+2)$  momentda esa  $x_t$  omilli o'zgaruvchining  $y_t$  o'zgaruvchiga umumiy ta'siri ( $\beta_0 + \beta_1 + \beta_2$ ) shartli birlikni tashkil etadi. Bunday yig'indilar oraliq multiplikatorlar deyiladi.

Maksimal  $(t+q)$  lag uchun  $x_t$  omilli o'zgaruvchining  $y_t$  o'zgaruvchiga umumiy ta'siri ( $\beta_0 + \beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_q = \beta$ ) yig'indi bilan baholanadi va u uzoq muddatli multiplikator deb ataladi.

Quyidagi  $\tilde{\beta}_j = \beta_j / \beta$ ;  $j = \overline{0, q}$  miqdor taqsimlangan lagli modelning nisbiy koeffitsiyentlari deb ataladi. Agar barcha  $\beta_j$  koeffitsiyentlar bir xil ishoraga ega bo'lsa, u holda  $0 < \tilde{\beta}_j < 1$  va  $\sum_{j=1}^q \tilde{\beta}_j = 1$ .

Ushbu

$$Y_t = \delta + \beta_0 X_t + \dots + \beta_q X_{t-q} + \varepsilon_t, \quad t = \overline{1, n},$$

modelning o'rtachalagi vaznli o'rtacha arifmetik singari aniqlanadi

$$\bar{q} = \sum_{j=1}^q j \tilde{\beta}_j$$

va  $t$  vaqt momentida  $x_t$  ning omilning o'zgarishi ta'sirida  $y_t$  o'zgaruvchining o'zgarishi amalga oshishini xarakterlovchi o'rtacha vaqt oralig'ini ko'rsatadi.

Medianali lag  $q_{me}$  - bu vaqtning shunday oralig'iki, u paytda  $t$  vaqtdan boshlab  $x_t$  ning omilning ta'sirining yarmi  $y_t$  o'zgaruvchining o'zgarishi amalga oshiriladi:

$$q_{me} = \sum_{j=0}^{q_{me}-1} \tilde{\beta}_j = 0,5.$$

*Misol.* Taqsimlangan lagli modelni tuzish.

Eng kichik kvadratlar usuli (EKKU) bilan  $x$  daromadlarning  $y$  chet elda dam olishga bo'lgan xarajatlar o'rtasida bog'liqlik olingan:

$$\hat{Y}_t = 0,745 + 0,17X_t, (\hat{R}^2 = 0,69; DW = 1,28).$$

Darbin-Uotson statistikasining kichik qiymati regressiya xatolarida ahamiyatli avtokorrelyatsiya mavjudligini ko'rsatmoqda. Tuzilgan tenglama qoldiqlarining vaqtli qatori  $AP(1)$  modeli bilan appрокsimatsiya qilingan:

$$\hat{\varepsilon}_t = 0,35\varepsilon_{t-1}, (\hat{R}^2 = 0,125; DW = 2,03).$$

Tabiiyki, xorijiy kurortlarda qimmatbaho dam olish uchun xarajatlar nafaqat joriy daromadlarga, balki avvalgi davrlardagi daromadlarga ham bog'liq deb faraz qilish kerak. Eng adekvat (mos keluvchi) model bo'lib, to'rtta lagli model hisoblanar ekan:

$$\hat{Y}_t = 0,32 + 0,08X_t + 0,07X_{t-1} + 0,037X_{t-2} + 0,017X_{t-3},$$

$$(\hat{R}^2 = 0,91; DW = 2,09).$$

Ko'rish mumkinki,  $DW = 2,09$  Darbin-Uotson statistika qiymati yaxshilangan model qoldiqlarida avtokorrelyatsiya mavjud emasligidan dalolat bermoqda. Shuni ham ta'kidlash kerakki,  $x_t$  oldidagi koeffitsiyent ikki barobarga kamaydi, bu esa zeb-ziynat ne'matlari guruhiga kiruvchi qimmatbaho dam olishga bo'lgan xarajatlar bir necha yillarga bo'linar ekan.

*Misol.* Taqsimlangan lagli model interpretatsiyasi (iqtisodiy talqini).

Kompaniyaning o'rtacha bir oyda sotish hajmi  $y_t$  va reklamaga qilgan xarajatlari  $x_t$  o'rtasida quyidagi bog'liqlik olingan:

$$\hat{Y}_t = -0,67 + 4,5X_t + 3,0X_{t-1} + 1,5X_{t-2} + 0,5X_{t-3}.$$

Qisqa muddatli multiplikator 4,5 ga teng, ya'ni reklamaga xarajatlarni 1 mln. so'mga oshirish, o'sha davrda kompaniya sotish hajmini o'rtacha 4,5 mln. so'mga ortishiga olib kelar ekan.  $(t+1)$  davrda esa sotish hajmi  $4,5+3,0=7,5$  mln. so'mga,  $(t+2)$  davrda esa sotish hajmi  $7,5+1,5=9,0$  mln. so'mga ortar ekan. Uzoq muddatli multiplikator 9,5 mln. so'mni tashkil etar ekan ( $9,0+0,5=9,5$ ).

Nisbiy koeffitsiyentlar  $\tilde{\beta}_1 = 4,5/9,5 = 0,474$ ;  $\tilde{\beta}_2 = 3,0/9,5 = 0,316$ ;  $\tilde{\beta}_3 = 1,5/9,5 = 0,158$ ;  $\tilde{\beta}_4 = 0,5/9,5 = 0,053$ , ya'ni sotish hajmi o'sishining 47 foizi joriy davrda, 31,6 foizi -  $(t+1)$  davrda, 15,8 foizi -  $(t+2)$  davrda va 5,3 foizi -  $(t+3)$  davrda amalga oshirilar ekan.

O'rtacha lag 0,79 oyga teng ekan. Medianali lag bir oydan sal ko'proqni tashkil etar ekan. O'rtacha va medianali laglarning unchalik katta bo'lmagan miqdorlari sotish hajmining reklama xarajatlariga yetarlicha tezlikda munosabat bildirishidan dalolat beradi.

Agar  $Y_t = \delta + \beta_0 X_t + \dots + \beta_q X_{t-q} + \varepsilon_t, \quad t = \overline{1, n},$  model juda ko'p o'zgaruvchilarga ega bo'lsa ( $q$  katta bo'lsa) va bundan tashqari  $X_t$  qator korrelyatsiyalangan bo'lsa yoki mavsumiy komponentaga ega bo'lsa, u holda model koeffitsiyentlarini baholash ayrim qiyinchiliklarga olib keladi. Bu masalani soddalashtirish uchun  $i$  laglar qiymatlarining model koeffitsiyentlari  $\beta_i$  bilan bog'liqligini ma'lum funksiya bilan approksimatsiyalash mumkin. Ikkita shunday modellarni ko'rib chiqamiz.

### 13.3. Almonning polinomial lagli modeli

Bu holda  $i$  laglar qiymatlarining model koeffitsiyentlari  $\beta_i$  bilan bog'liqligi  $r < q$  darajali polinom bilan approksimatsiyalanadi:

$$\beta_i = \gamma_0 + \gamma_1 i + \dots + \gamma_r i^r.$$

Agar  $r=1$  bo'lsa, lagning o'sishi bilan  $\beta_i$  ning vaznlari chiziqli kamayib boradi. Agar  $r=2$  bo'lsa, vaznlar maksimumga yoki minimumga erishadilar.

Aytaylik, masalan,  $q=3, \quad r=2$  bo'lsin (laglarni taqsimlashning kvadratik funksiyasi). O'rniga qo'yishlardan so'ng, ya'ni:

$Y_t = \delta + \beta_0 X_t + \dots + \beta_q X_{t-q} + \varepsilon_t, \quad t = \overline{1, n},$  modelga  $\beta_i = \gamma_0 + \gamma_1 i + \dots + \gamma_r i^r$  ni qo'ysak va o'zgartirilgan model  $Y_t = \delta + \beta_0 X_t + \dots + \beta_q X_{t-q} + \varepsilon_t, \quad t = \overline{1, n},$  quyidagi ko'rinishga keladi:

$$Y_t = \delta + \gamma_0 z_0 + \gamma_1 z_1 + \gamma_2 z_2 + \varepsilon_t,$$

bu yerda  $z_i$  - bu  $x_{t-i}$  o'zgaruvchilarning chiziqli kombinatsiyasidir:

$$z_0 = x_t + x_{t-1} + x_{t-2} + x_{t-3},$$

$$z_1 = x_{t-1} + 2x_{t-2} + 3x_{t-3},$$

$$z_2 = x_{t-1} + 4x_{t-2} + 9x_{t-3}.$$

### 13.4. Koykning geometrik laglar modeli

Mazkur modelda ta'sir etuvchi o'zgaruvchilar oldidagi lagli qiymatlari koeffitsiyentlari geometrik progressiya bo'yicha kamayadi deb faraz qilinadi:

$$y_t = \delta + \beta x_t + \beta \lambda x_{t-1} + \beta \lambda^2 x_{t-2} + \dots + \varepsilon_t, \quad t = \overline{1, n},$$

bu yerda  $\lambda$ -geometrik progressiyaning maxraji  $0 < \lambda < 1$ .

Ushbu modelda atigi 3 ta parametr:  $\delta, \beta, \lambda$ , biroq ularni baholash modelning to'g'ri chiziqli emasligi bilan murakkablashadi. Quyidagicha amalga oshirish mumkin: 0 dan 1 gacha bo'lgan diapazonda qandaydir qadam bilan  $\lambda$  ning mumkin bo'lgan barcha qiymatlari tanlab olinadi va ular uchun  $\delta$  va  $\beta$  larning eng kichik kvadratlar usuli bilan baholari topiladi. Qoldiqlar kvadratlari yig'indisi minimal (eng kichik) bo'lgan  $\lambda$  ning qiymati tanlanadi.

Berilgan

$$y_t = \delta + \beta x_t + \beta \lambda x_{t-1} + \beta \lambda^2 x_{t-2} + \dots + \varepsilon_t, \quad t = \overline{1, n},$$

ko'rinishdagi tenglamani quyidagi ko'rinishga o'zgartirish mumkin:

$$y_t = \delta(1 - \lambda) + \beta x_t + (1 - \lambda)y_{t-1} + u_t,$$

$$u_t = \varepsilon_t - \lambda \varepsilon_{t-1}.$$

Barcha laglashtirilgan  $x_{t-i}$  o'zgaruvchilarning

$$y_t = \delta + \beta x_t + \beta \lambda x_{t-1} + \beta \lambda^2 x_{t-2} + \dots + \varepsilon_t, \quad t = \overline{1, n},$$

modeldagi umumiy ta'siri (uzoq muddatli multiplikator) quyidagini tashkil etadi:

$$\sum_{k=0}^{\infty} \beta \lambda^k = \frac{\beta}{1 - \lambda}.$$

O'rtacha lag quyidagiga teng:



$$\bar{q} = \frac{\lambda}{1-\lambda}.$$

Agar  $\lambda=0,5$  bo'lsa,  $\bar{q}=1$  ga teng, agar  $\lambda<0,5$  bo'lsa, u holda  $\bar{q}<1$  bo'ladi, ya'ni ta'sir etuvchi omilning natijaviy omilga ta'siri o'rtacha 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 vaqtda moslashishi (adaptatsiyasi) amalga oshiriladi.

Koyk modelida medianali lag quyidagiga teng:

$$q_{me} = \frac{\ln 0,5}{\ln \lambda}.$$

*Misol.* Polinomial lagli model.

AQSH YAIM hajmlari dinamikasi  $y_t$  ni (1987 yil narxlarida mlrd. dollar) va AQSH iqtisodiyotiga ichki investitsiyalarni (mlrd. dollar) ifodalash uchun quyidagi ko'rinishdagi taqsimlangan lagli modeldan ( $q=4$ ) foydalanilgan:

$$y_t = \delta + \beta_0 x_t + \beta_1 x_{t-1} + \beta_2 x_{t-2} + \beta_3 x_{t-3} + \beta_4 x_{t-4} + \varepsilon_t.$$

Model koeffitsiyentlari quyidagi ikkinchi darajali ( $r=2$ ) polinom bilan approksimatsiya qilingan:

$$\beta_i = \gamma_0 + \gamma_1 i + \gamma_2 i^2.$$

Yangi o'zgaruvchilarga o'tgandan keyin quyidagi ko'rinishga ega:

$$z_0 = x_t + x_{t-1} + x_{t-2} + x_{t-3} + x_{t-4},$$

$$z_1 = x_{t-1} + 2x_{t-2} + 3x_{t-3} + 4x_{t-4},$$

$$z_2 = x_{t-1} + 4x_{t-2} + 9x_{t-3} + 16x_{t-4}.$$

EKKU qo'llaganda modelning baholari quyidagicha:

$$\bar{y}_t = 3000,01 + 1,92z_0 - 0,92z_1 + 0,184z_2, (\hat{R}^2 = 0,99).$$

Dastlabki o'zgaruvchilarga qaytib, quyidagi modelni olamiz:

$$\bar{y}_t = 3000,01 + 1,92x_t + 1,18x_{t-1} + 0,81x_{t-2} + 0,81x_{t-3} + 1,176x_{t-4}, (\hat{R}^2 = 0,99).$$

Uzoq muddatli multiplikator 5,908 ga teng, ya'ni AQSH iqtisodiyotiga 1 mlrd. dollardan kam bo'lmagan investitsiyalarning o'sishi, to'rt yildan so'ng YaIMni o'rtacha 5,908 mlrd. dollarga o'sishiga olib keladi.

Nisbiy koeffitsiyentlar quyidagiga teng:  $\tilde{\beta}_0 = 0,325$ ;  $\tilde{\beta}_1 = 0,2$ ;  $\tilde{\beta}_2 = 0,138$ ;  $\tilde{\beta}_3 = 0,138$ ;  $\tilde{\beta}_4 = 0,199$ , ya'ni omilning (investitsiyalarning) 32,5 foizi o'sha yilning o'zida amalga oshiriladi, yarmidan ko'pi  $(32,5+20,0)=52,5$  foizi – bir yil lagi bilan (medianali lag). O'rtacha lag 1,686 ga teng bo'ldi, ya'ni AQSH iqtisodiyotiga investitsiyalarning o'rtacha o'sishi, YAIM ni 1,69 yildan so'ng o'sishiga olib kelar ekan.

*Misol.* Geometrik lagli model.

Investitsiyalar  $I_t$  hisobiga asosiy kapitalning qo'shimcha o'sishining  $\Delta K_t$  bog'liqligi tadqiq qilinganda quyidagi geometrik lagli modeldan foydalanilgan:

$$\Delta K_t = (1-\rho)I_t + (1-\rho)\rho I_{t-1} + (1-\rho)\rho^2 I_{t-2} + \dots + (1-\rho)\rho^k I_{t-k} + \dots = (1-\rho)I_t + \rho\Delta K_{t-1},$$

yoki

$$I_t - \Delta K_t = \rho(I_t - \Delta K_{t-1}).$$

Ikkinchi tenglama yagona  $\rho$  parametrning funksiyasi hisoblanadi. Uni baholash uchun  $I_t$  va  $\Delta K_t$  dastlabki ma'lumotlar qatorlari bo'yicha  $I_t - \Delta K_t$  va  $I_t - \Delta K_{t-1}$  qatorlar hisoblandi.

Rossiya uchun 1966-1989-yillar ma'lumotlari bo'yicha  $I_t - \Delta K_t = \rho(I_t - \Delta K_{t-1})$  tenglama baholari quyidagi natijalarni berdi:

$$I_t - \Delta K_t = 0,642(I_t - \Delta K_{t-1}), \quad (\hat{R}^2 = 0,62, \quad DW = 1,96).$$

Hisoblangan modelni ko'rish mumkinki, uning parametrlari statistik jihatdan yaxshi ekan. Cheksiz geometrik lagli dastlabki modelga qaytib, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\Delta K_t = 0,358I_t + 0,23I_{t-1} + 0,148I_{t-2} + \dots$$

Ushbu tenglamaga binoan investitsiyalarning 85 foizga yaqini kapitalning o'sishiga joriy va birinchi ikki yil davomida, qolgan 15 foizi esa – keyingi yillarda ta'sir etar ekan.

### **13.5. Taqsimlangan laglarning avtoregression modellari.**

#### **Avtoregressiya modellarida qoldiqlar avtokorrelyatsiyasini aniqlash uchun Darbinning h-mezoni**

Eslatib o'tamiz, taqsimlangan laglarning  $ADL(p,q)$  avtoregression modeli deb, tenglamaning o'ng tomonida maksimal  $p$  lagli laglashgan endogen o'zgaruvchi hamda maksimal  $q$  lagli laglashgan ekzogen

o'zgaruvchi qatnashadigan modelga aytiladi. Masalan,  $ADL(2,1)$  model quyidagi ko'rinishga ega:

$$y_t = \delta + \beta_0 x_t + \beta_1 x_{t-1} + \alpha_1 y_{t-1} + \alpha_2 y_{t-2} + \varepsilon_t, \quad t = \overline{1, n},$$

yoki

$$A(L)y_t = \delta + B(L)x_t + \varepsilon_t.$$

Xususiyl holda, agar modelning o'ng tomonidan faqat endogen o'zgaruvchining ( $q=0$ ) laglashgan qiymatlari kirsa, u holda model avtoregressiya modeli deb ataladi.

Masalan, birinchi tartibli  $AR(1)$  avtoregressiya modeli quyidagi ko'rinishga ega:

$$y_t = \delta + \beta_0 x_t + \alpha_1 y_{t-1} + \varepsilon_t.$$

Xuddi taqsimlangan lagli modeldagidek

$$Y_t = \delta + \beta_0 X_t + \dots + \beta_q X_{t-q} + \varepsilon_t; \quad t = \overline{1, n},$$

$AR(1)$  avtoregressiya modelidagi  $\beta_0$  koeffitsiyent ham  $x_t$  ta'sir etuvchi omilning bir birlikka o'zgarishi ta'sirida natijaviy o'zgaruvchi  $y_t$  ning qisqa muddatli o'zgarishini xarakterlaydi, ya'ni qisqa muddatli multiplikator hisoblanadi. Ammo, bu holda oraliq va uzoq muddatli multiplikatorlar boshqacha hisoblanadi.

$(t+1)$  vaqt momentida  $x_t$  ta'sir etuvchi omilning bir birlikka o'zgarishi, quyidagi tenglamadan ko'rish mumkinki

$$y_t = \delta + \beta_0 x_t + \alpha_1 y_{t-1} + \varepsilon_t,$$

natijaviy o'zgaruvchi  $y_t$

$$\beta_0 + \alpha_1 y_t = \beta_0 + \alpha_1 \beta_0$$

ga o'zgarar ekan, ya'ni  $(t+1)$  vaqt momentida oraliq multiplikator  $\beta_0 + \alpha_1 \beta_0$  ga teng ekan. Xuddi shuningdek,  $(t+2)$  vaqt momentida natijaviy o'zgaruvchi  $y_t$  ning o'zgarishi quyidagiga teng:

$$\beta_0 + \alpha_1 y_{t+1} = \beta_0 + \alpha_1 (\beta_0 + \alpha_1 \beta_0) = \beta_0 (1 + \alpha_1 + \alpha_1^2),$$

ya'ni,  $(t+2)$  vaqt momenti uchun oraliq multiplikator  $\beta_0 (1 + \alpha_1 + \alpha_1^2)$  ga teng ekan.

Shunday qilib, ko'rib chiqilayotgan model uchun uzoq muddatli multiplikator quyidagiga teng:

$$\beta = \beta_0(1 + \alpha_1 + \alpha_1^2 + \dots) = \frac{\beta_0}{1 - \alpha_1}.$$

*Misol.* Avtoregressiya modeli talqini (interpretatsiyasi).

Hududda daromadlar va iste'mol ko'rsatkichlari dinamikasi to'g'risidagi ma'lumotlar bo'yicha quyidagi avtoregressiya modeli olingan. Mazkur model aholi jon boshiga to'g'ri keladigan jami yillik daromad  $y_t$  (mln. so'm) va bir yilda aholi jon boshiga to'g'ri keladigan o'rtacha iste'mol hajmi  $c_t$  (mln. so'm) o'rtasidagi bog'liqlikni ifodalaydi:

$$\hat{C}_t = 3,0 + 0,85y_t + 0,1C_{t-1}.$$

Qisqa muddatli multiplikator 0,85 ga teng, ya'ni aholi jon boshiga to'g'ri keladigan o'rtacha yalpi daromadning 1 mln. so'mga ortishi, o'sha yilning o'zida iste'mol hajmini 850 ming so'mga ortishiga olib kelishini ko'rsatadi.

Uzoq muddatli multiplikator  $\frac{0,85}{1-0,1} = 0,944$  ga teng, ya'ni uzoq muddatli davrda jon boshiga to'g'ri keladigan o'rtacha yalpi daromadning 1 mln. so'mga ortishi, iste'mol hajmini o'rtacha 977 ming so'mga ortishiga olib kelar ekan.

$(t+1)$  vaqt momenti uchun oraliq multiplikator  $0,85 \cdot (1+0,1) = 0,935$  ga teng, ya'ni bir yildan so'ng iste'mol hajmi o'rtacha 935 ming so'mga ortadi.

### **Avtoregressiya modellarida qoldiqlar avtokorrelyatsiyasini aniqlash uchun Darbinning h-mezoni**

Darbinning h-mezoni qoldiqlarni ulardagi birinchi tartibdagi avtokorrelyatsiya mavjudligini tekshirishga imkon beradi:

$$\varepsilon_t = \rho\varepsilon_{t-1} + u_t.$$

Darbinning h-mezoni quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$h = \left(1 - \frac{1}{2} \cdot d\right) \cdot \sqrt{\frac{n}{1 - n \cdot s^2(\alpha_1)}},$$

bu yerda  $n$  - ma'lumotlar tanlamasidagi kuzatuvlar soni;

$$d - \text{Darbin-Uotsonning oddiy statistikasi } \left( d = \frac{\sum_{t=1}^n (\hat{\varepsilon}_t - \hat{\varepsilon}_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n \hat{\varepsilon}_t^2} \right);$$

$s^2(\alpha_1)$  - bu  $y_t = \delta + \beta_0 x_t + \alpha_1 y_{t-1} + \varepsilon_t$  modeldagi bog‘liq o‘zgaruvchi oldidagi  $\alpha_1$  koeffitsiyenti dispersiyasining bahosi.

Kuzatuvlar soni  $n$  katta bo‘lganda  $h$  statistika matematik kutilishi nolga teng va birga teng dispersiyali standart normal taqsimotga ega bo‘ladi. Qoldiqlar avtokorrelyatsiyasi mavjud emasligi to‘g‘risidagi gipoteza  $h > 1,96$  bo‘lganda, musbat avtokorrelyatsiya mavjudligi to‘g‘risidagi gipoteza foydasiga rad etiladi.

Endi  $ADL(1,1)$  laglashgan o‘zgaruvchili avtoregression modellar xususiy hollarini ko‘rib chiqamiz:

$$y_t = \delta + \beta_0 x_t + \beta_1 x_{t-1} + \alpha_1 y_{t-1} + \varepsilon_t, \quad t = \overline{1, n}.$$

### 13.6. Qisman to‘g‘rilash modeli (moslashish)

Bog‘liq o‘zgaruvchi  $y_t$  ning quyida keltirilayotgan tenglama bilan aniqlanadigan kutilayotgan qiymati mavjud deb taxmin qilinadi:

$$y_t^* = \alpha + \beta x_t + \varepsilon_t, \quad t = \overline{1, n},$$

bu yerda  $\varepsilon_t$  - matematik kutilishi nolga teng va ma‘lum dispersiyaga bo‘lgan oq shovqin.

Shuningdek,  $(y_t - y_{t-1})$  bog‘liq o‘zgaruvchining haqiqiy o‘sishi uning kutilayotgan darajasi va avvalgi qiymati  $y_{t-1}$  farqlari bilan proporsional deb faraz qilinadi:

$$y_t - y_{t-1} = \delta \cdot (y_t^* - y_{t-1}),$$

ya’ni,  $y$  ning haqiqiy o‘zgarishi kutilayotganining  $\delta$  ulushini tashkil qiladi.

$\delta$  koeffitsiyentni to‘g‘rilash (korrektirovka) koeffitsiyenti deb ataladi ( $0 < \delta < 1$ ).

$y_t - y_{t-1} = \delta \cdot (y_t^* - y_{t-1})$  dan quyidagi kelib chiqadi:

$$y_t = \delta \cdot y_t^* + (1 - \delta) \cdot y_{t-1},$$

ya’ni,  $y_t$  - bu  $y_t^*$  - kutilayotgan qiymatning va avvalgi  $y_{t-1}$  ning vaznli yig‘indisidir.

$y_t = \delta \cdot y_t^* + (1 - \delta) \cdot y_{t-1}$  nisbat  $y_t^* = \alpha + \beta x_t + \varepsilon_t, \quad t = \overline{1, n}$  bilan birgalikda qisman to‘g‘rilash (korrektirovka) modeli deb ataladi.

Qanchalik  $\delta$  katta bo'lsa, to'g'rilash (korrektirovka) jarayoni shunchalik tez amalga oshiriladi. Agar  $\delta=1$  bo'lsa,  $y_t = y_t^*$  bo'ladi, ya'ni moslashish bitta davrda amalga oshadi.  $\delta=0$  bo'lganda esa, moslashish mavjud bo'lmaydi.

Quyidagi

$$y_t^* = \alpha + \beta x_t + \varepsilon_t, \quad t = \overline{1, n}; \quad y_t = \delta \cdot y_t^* + (1 - \delta) \cdot y_{t-1}$$

model masalan, sotish darajalari  $x_t$  o'zgarishining zaxiralar o'lchami  $y_t$  o'rtasidagi bog'liqlikni ifodalasin.

$y_t = \delta \cdot y_t^* + (1 - \delta) \cdot y_{t-1}$  ga binoan zaxiralar o'lchami zaxiralarning vaznli o'rtacha optimal o'lchami va zaxiralarning avvalgi davrlardagi o'lchamiga teng.

$y_t^* = \alpha + \beta x_t + \varepsilon_t, \quad t = \overline{1, n}$  ni  $y_t = \delta \cdot y_t^* + (1 - \delta) \cdot y_{t-1}$  ga qo'yib, quyidagi ko'rinishdagi tenglamaga ega bo'lamiz:

$$y_t = \delta + \beta_0 x_t + \beta_1 x_{t-1} + \alpha_1 y_{t-1} + \varepsilon_t, \quad t = \overline{1, n},$$

$$y_t = \delta \alpha + \delta \beta x_t + (1 - \beta) y_{t-1} + \delta \varepsilon_t, \quad t = \overline{1, n}.$$

Ushbu tenglama qisman to'g'rilash modelining qisqa muddatli funksiyasi deyiladi.

$y_t^* = \alpha + \beta x_t + \varepsilon_t, \quad t = \overline{1, n}$  - qisman to'g'rilash modelining uzoq muddatli funksiyasi deyiladi.

$\varepsilon_t$  xatolar korrelyatsiyalanmaganligi uchun, EKKU yuqorida keltirilgan tenglamadagi  $\delta \cdot \alpha, \delta \cdot \beta, (1 - \beta)$  parametrlarning ehtimolligi bo'yicha to'g'ri keladigan nuqtali baholarini olishga, keyin esa  $y_t = \delta \alpha + \delta \beta x_t + (1 - \beta) y_{t-1} + \delta \varepsilon_t, \quad t = \overline{1, n}$  modeldan  $y_t^* = \alpha + \beta x_t + \varepsilon_t, \quad t = \overline{1, n}$  modelga qaytishga imkon beradi.

*Misol.* Qisman moslashish modeli.

Buyuk Britaniya bo'yicha 1950-1960-yillarda choraklik ma'lumotlar asosida mehnatga bo'lgan talabni xarakterlovchi regressiya tenglamasi olingan:

$$\Delta E_t = 14,22 + 0,172Q_t - 0,028t - 0,0007t^2 - 0,297E_{t-1},$$

bu yerda  $\Delta E_t = E_t - E_{t-1}$ ,

$E_t$  - bandlik darajasi;

$Q_t$  - mahsulot ishlab chiqarish hajmi.

Ushbu modelning asosiga  $t$  vaqtda va  $Q_t$  mahsulot ishlab chiqarish hajmiga bog'liq ravishda uzoq muddatli kelajakda ma'lum kutilayotgan  $E_t^*$  bandlik darajasi mavjud degan faraz qo'yilgan.

Shuningdek,

$$E_t - E_{t-1} = \delta \cdot (E_t^* - E_{t-1}),$$

yoki

$$E_t = \delta \cdot E_t^* + (1 - \delta) \cdot E_{t-1}$$

deb faraz qilinadi.

$$\Delta E_t = 14,22 + 0,172Q_t - 0,028t - 0,0007t^2 - 0,297E_{t-1}$$

modeldan quyidagini

$$E_t = 14,22 + 0,172Q_t - 0,028t - 0,0007t^2 + 0,703E_{t-1}$$

topamiz.

$E_t = \delta \cdot E_t^* + (1 - \delta) \cdot E_{t-1}$  va  $E_t = 14,22 + 0,172Q_t - 0,028t - 0,0007t^2 + 0,703E_{t-1}$  larni taqqoslab, quyidagini topamiz:

$$\delta \cdot E_t^* = 14,22 + 0,172Q_t - 0,028t - 0,0007t^2,$$

bunda  $(1 - \delta) = 0,703$  bo'lgani uchun,  $\delta = 0,297$  ekanligini aniqlaymiz.

Bu shuni bildiradiki, bandlik darajasining haqiqiy o'zgarishi  $E_t - E_{t-1}$  uning kutilayotgan o'zgarish  $E_t^* - E_{t-1}$  ning 0,297 ni tashkil qilar ekan.

$\delta \cdot E_t^* = 14,22 + 0,172Q_t - 0,028t - 0,0007t^2$  tenglamadan kutilayotgan bandlik darajasi  $E_t^*$  bog'liq bo'lmagan o'zgaruvchilar  $Q_t$  va  $t$  bilan bog'liqligi quyidagi ko'rinishga ega:

$$E_t^* = 47,879 + 0,579Q_t - 0,0943t - 0,0024t^2.$$

### 13.7. Adaptiv kutishlar modeli

Faraz qilaylik,  $\hat{x}_{t+1}$  -  $t$  vaqt momentida qilingan  $x_{t+1}$  o'zgaruvchining prognozi (kutilayotgan qiymati) va joriy vaqtda bog'liq o'zgaruvchining qiymatni aniqlovchi  $x_{t+1}$  o'zgaruvchi bo'lsin, ya'ni:

$$y_t = \alpha + \beta \cdot \hat{x}_{t+1}, \quad t = \overline{1, n}$$

Adaptiv kutishda  $(\hat{x}_{t+1} - \hat{x}_t)$  omilning kutilayotgan qiymatining ortishi, avvalgi  $\hat{x}_t$  qadamda  $x_t$  ning kuzatilgan qiymati uning prognoz qiymati chetlanishiga proporsional deb faraz qiladi, 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  $\lambda$  - kutish koeffitsiyenti ( $0 < \lambda < 1$ ).

$\hat{x}_{t+1} = \lambda \cdot x_t + (1 - \lambda) \cdot \hat{x}_t$  ifodadan ko‘rish mumkinki,  $\hat{x}_{t+1}$  ning prognozi  $x_t$  o‘zgaruvchining kutilayotgan va haqiqiy qiymatlarining vaznli yig‘indilarini tashkil qilar ekan.

Quyidagi

$$y_t = \alpha + \beta \cdot \hat{x}_{t+1}, \quad t = \overline{1, n} \quad \text{va} \quad (\hat{x}_{t+1} - \hat{x}_t) = \lambda \cdot (x_t - \hat{x}_t)$$

model adaptiv kutish modellari deb ataladi.

Bunday model, masalan, firma mahsulot narxi  $x_{t+1}$  aniq bo‘lib, ushbu narxda firma kelgusi davrda mahsulotlarini sotishi mumkin, ammo mahsulot ishlab chiqarish hajmi  $y_t$  ni oshirish bo‘yicha qaror qabul qilish holatida qo‘llaniladi. Shuning uchun  $y_t$  ning miqdori to‘g‘risida qaror  $\hat{x}_{t+1}$  ning kutilayotgan qiymati asosida qabul qilinadi.

$\hat{x}_{t+1} = \lambda \cdot x_t + (1 - \lambda) \cdot \hat{x}_t$  ifodani  $y_t = \alpha + \beta \cdot \hat{x}_{t+1}, \quad t = \overline{1, n}$  modelga qo‘yib, adaptiv kutish modelini geometrik laglar modeliga o‘zgartirishimiz mumkin:

$$y_t = \alpha + \beta \cdot \lambda \cdot (x_t + (1 - \lambda) \cdot x_{t-1} + (1 - \lambda)^2 \cdot x_{t-2} + \dots) + \varepsilon_t, \quad t = \overline{1, n}.$$

Agar  $y_t$  ni  $y_{t-1}$  orqali ifodallasak, yuqorida keltirilgan tenglamani avtoregrssiya tenglamasini ko‘rinishida quyidagicha yozishimiz mumkin:

$$y_t = \alpha \cdot \lambda + \lambda \cdot \beta \cdot x_t + (1 - \lambda) \cdot y_{t-1} + u_t, \quad t = \overline{1, n},$$

bu yerda  $u_t = \varepsilon_t - (1 - \lambda) \cdot \varepsilon_{t-1}$ .

Quyidagi  $y_t = \alpha + \beta \cdot \hat{x}_{t+1}, \quad t = \overline{1, n}$  modeli avvaldan noma’lum bo‘lgan omilli o‘zgaruvchining prognoz qiymatini o‘z ichiga oladi.

$y_t = \alpha \cdot \lambda + \lambda \cdot \beta \cdot x_t + (1 - \lambda) \cdot y_{t-1} + u_t, \quad t = \overline{1, n}$ , modeli o‘zgaruvchilarning faqat haqiqiy qiymatlarini o‘z ichiga oladi, shuning uchun uni identifikatsiya qilish mumkin.

$y_t = \alpha \cdot \lambda + \lambda \cdot \beta \cdot x_t + (1 - \lambda) \cdot y_{t-1} + u_t, \quad t = \overline{1, n}$ , modeli adaptiv kutishlar modelining qisqa muddatli funksiyasi deyiladi.

*Misol.* Adaptiv kutishlar modeli.

Oddiy EKKU bilan xomashyo narxi  $x_t$  ning tovar forward bitimi narxi  $y_t$  o‘rtasidagi bog‘liqlikni ifodalovchi avtoregression model olingan va u quyidagi ko‘rinishda:

$$\hat{y}_t = -0,15 + 4,78x_t + 0,39y_{t-1}.$$



$\hat{y}_t = -0,15 + 4,78x_t + 0,39y_{t-1}$  va  $y_t = \alpha \cdot \lambda + \lambda \cdot \beta \cdot x_t + (1-\lambda) \cdot y_{t-1} + u_t$ ,  $t = \overline{1, n}$ , ifodalardagi koeffitsiyentlarini tenglashtirib,  $\lambda = 0,6$ ,  $\beta = 7,88$  va  $\alpha = -0,248$  ekanligini aniqlaymiz.

Bundan esa adaptiv kutishlar 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 ko‘rinishda yozish mumkin:

$$\begin{aligned} y_t &= -0,248 + 7,88 \cdot \hat{x}_{t+1}, \\ \hat{x}_{t+1} &= 0,6 \cdot x_t + 0,4 \cdot \hat{x}_t. \end{aligned}$$

Shunday qilib,  $\hat{x}_{t+1}$  ning kutilayotgan qiymati 60 foizga  $x_t$  ning haqiqiy qiymatlari bilan va 40 foizga  $\hat{x}_t$  ning prognoz qiymatlari bilan aniqlanar ekan.

### 13.8. Xatolarni to‘g‘rilash modeli

Faraz qilaylik,

$$ADL(1,1)y_t = \delta + \beta_0 x_t + \beta_1 x_{t-1} + \alpha_1 y_{t-1} + \varepsilon_t, \quad t = \overline{1, n}$$

model statsionar holatga ega bo‘lsin:

$$y_t = y_{t-1} = y^*; \quad x_t = x_{t-1} = x^*.$$

U holda  $y_t = \delta + \beta_0 x_t + \beta_1 x_{t-1} + \alpha_1 y_{t-1} + \varepsilon_t$ ,  $t = \overline{1, n}$  modelni quyidagi ko‘rinishda yozish mumkin:

$$(1 - \alpha_1) \cdot y^* = \delta + (\beta_0 + \beta_1) \cdot x^*,$$

yoki

$$y^* = \frac{\delta}{1 - \alpha_1} + \frac{\beta_0 + \beta_1}{1 - \alpha_1} \cdot x^*.$$

$$y_t = \delta + \beta_0 x_t + \beta_1 x_{t-1} + \alpha_1 y_{t-1} + \varepsilon_t, \quad t = \overline{1, n} \quad \text{modelida} \quad y^* = \frac{\delta}{1 - \alpha_1} + \frac{\beta_0 + \beta_1}{1 - \alpha_1} \cdot x^* \text{ ni}$$

hisobga olib, o‘zgaruvchilarni almashtiramiz:  $y_t = y_{t-1} + \Delta y_t$ ,  $x_t = x_{t-1} + \Delta x_t$  va quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$\Delta y_t = \beta_0 \cdot \Delta x_t - (1 - \alpha_1) \cdot \left( y_{t-1} - \frac{\delta}{1 - \alpha_1} + \frac{\beta_0 + \beta_1}{1 - \alpha_1} \cdot x_{t-1} \right) + \varepsilon_t.$$

Ushbu model xatolarni to‘g‘rilash (korreksiya qilish) modeli deb ataladi. Ushbu tenglamadan shu kelib chiqadiki,  $y_t$  ning joriy qadamda o‘zgarishi ikkita tashkil etuvchidan iborat. Birinchisi, omilli o‘zgaruvchi  $\Delta x_t$  ning joriy o‘zgarishiga proporsional, ikkinchisi

quyidagi tenglama bilan aniqlanadigan muvozanat holatda avvalgi qadamda bog‘liq o‘zgaruvchining qiymatlariga chetlanishlarining qisman to‘g‘rilashi hisoblanadi, ya’ni

$$y^* = \frac{\delta}{1-\alpha_1} + \frac{\beta_0 + \beta_1}{1-\alpha_1} \cdot x^*.$$

Tenglama koeffitsiyentlari

$$\Delta y_t = \beta_0 \cdot \Delta x_t - (1-\alpha_1) \cdot \left( y_{t-1} - \frac{\delta}{1-\alpha_1} + \frac{\beta_0 + \beta_1}{1-\alpha_1} \cdot x_{t-1} \right) + \varepsilon_t.$$

oddiy EKKU bilan aniqlanadi.

Iqtisodiy jarayonlarni tadqiq qilishda shunday holatlarni modellash-tirishga to‘g‘ri keladiki, joriy vaqtda natijaviy o‘zgaruvchining qiymat-lari bir qator omillarning avvalgi vaqt momentlarida ta’sirlari natijasida shakllanadi. Masalan, kompaniyaning joriy davrdagi sotishdan olina-digan tushumi yoki foydasi, avvalgi vaqt momentlarida kompaniya tomonidan reklamaga qilgan xarajatlari yoki o‘tkazilgan marketing tadqiqotlari ta’siri natijasida bo‘lishi mumkin.

Makro- va mikrodarajada iqtisodiy siyosatni ishlab chiqish teskari turdagi masalalarni yechishni talab qiladi, ya’ni joriy davrdagi boshqariladigan o‘zgaruvchilar qiymati iqtisodiy ko‘rsatkichlarning kelgusidagi qiymatlariga qanday ta’sir ko‘rsatadilar.

Yuqorida ko‘rib chiqilgan jarayonlarni ekonometrik modellashtirish omilli o‘zgaruvchilarning nafaqat joriy, balki lagli qiymatlarga ega bo‘lgan modellarini ham qo‘llash orqali amalga oshiriladi.

### **Nazorat savollari:**

1. Koyk modelini qo‘llashda shart-sharoitlarini tushuntirib bering.
2. Polinomial lagli modelvariatsion qatorlardan qanday xususiyat-lari va alomatlari bilan farq qiladilar?
3. Polinomial lagli modeli qachon qo‘llanadi?
4. Qisman moslashish modeli usuli nima va qachon qo‘llanadi?
5. Adaptiv kutishlar modelinitahlili va usullarini qo‘llash shart-sharoitlarini tushuntirib bering?
6. Additiv va multiplikativ modellarning formulasiga izoh bering?
7. Qaysi holatlarda additiv modellar bilan foydalanadi va qaysi holatlarda multiplikativ modellar bilan foydalanadi?

## GLOSSARIY

*Avtokorrelyatsiya* – bu dastlabki qator hamda ushbu qator bilan dastlabki holatga nisbatan  $t$  vaqt lahzalariga surilgan qator o'rtasidagi o'zaro bog'liqlik hodisasi.

*Avtoregressiya* –bu qator oldingi darajalarining keyingi darajalarga ta'sirini hisobga oluvchi regressiya.

*Juft korrelyatsiya* –ikkita omil (natijaviy va omillar yoki ikkita omil) o'rtasidagi bog'liqlik.

*Regressiya juft koeffitsiyenti*, agar  $x$  o'zgaruvchi bir o'lchov birligiga oshirilsa,  $u$  natijaviy omil o'rtacha qancha miqdorga o'zgarishini ko'rsatadi.

*Juft regressiya* natijaviy va omillar o'rtasidagi bog'liqlikni tavsiflaydi.

*Determinatsiya juft koeffitsiyenti*  $u$  o'zgaruvchi variatsiyasining qanaqa ulushi modelda hisobga olinganligini va ushbu ulush unga  $x$  o'zgaruvchining ta'siri bilan shartlanganligini ko'rsatadi.

*Regression tahlil* bog'liqlikning unda natijaviy omilning o'zgarishi bir yoki bir necha omillarning ta'siri bilan shartlangan, natijaviy omilga ta'sir ko'rsatuvchi boshqa barcha omillar to'plami esa doimiy va o'rtacha qiymat sifatida qabul qilinadigan tahliliy shaklini aniqlashdan iborat.

*Mustaqil tenglamalar tizimi* – ekonometrik tenglamalar tizimlarining turlaridan biri bo'lib, unda har bir natijaviy omil bir omillar yig'indisining funksiyasi hisoblanadi;

tizimning har bir tenglamasidagi omillar to'plami o'rganilayotgan hodisaga qarab o'zgarib turishi mumkin.

*Rekursiv tenglamalar tizimi* – ekonometrik tenglamalar tizimlarining turlaridan biri bo'lib, unda har bir keyingi tenglamada tizim bir tenglamasining natijaviy omil o'zgaruvchi omillar yig'indisi bilan bir qatorda omil hisoblanadi.

*Statistik bog'lanish* – bu unda  $x$  mustaqil o'zgaruvchining har bir qiymatiga  $u$  erksiz o'zgaruvchining ko'plab qiymatlari mos keladigan bog'lanish, bunda  $u$  aynan qanaqa qiymatni qabul qilishi oldindan ma'lum emas.

*Tojdestvo* – model tarkibiy tenglamalarining turlaridan biri bo'lib,  $u$  endogen o'zgaruvchilar o'rtasidagi nisbatni belgilaydi; tasodifiy tarkibiy qismlarni va tarkibiy koeffitsiyentlarni o'zida mujassam etmagan.

*Trend* – bu vaqt qatoridagi tasodifiy o'zgarib turishlardan ozmi-ko'pmi holi bulgan asosiy ancha barqaror tendensiya.

*Alohida korrelyatsiya* - bu boshqa omillarning qat'iy belgilangan qiymatida natijali belgi bilan bitta omil yoki ikkita omil o'rtasidagi bog'liqlik.

*Ekzogen (mustaksl) o'zgaruvchilar* – bu qiymatlari modeldan tashqaridan beriladigan o'zgaruvchilar.

*Ekonometrika* – bu iqtisodiy hodisalar va jarayonlar o'zaro bog'liqligining miqdoriy ifodasini o'rganuvchi fan.

*Endogen (erksiz) o'zgaruvchilar* – bu qiymatlari modelning ichida aniqlanadigan o'zgaruvchilar.

*Alternativ xarajatlar* – resurslardan eng samarali foydalanishdan voz kechish natijasida yo'qotilgan imkoniyatlar bilan bog'liq xarajatlar. Yoki iqtisodiy tanlov natijasida eng yaxshi alternativ variantdan olinadigan foydadan voz kechishni aks ettiruvchi xarajatlar.

*Alternativ xarajatlar tamoyili* – noyob resurslardan foydalanish yo'nalishlarining barchasidan olinadigan foyda va xarajatlar solishtiriladi va eng yuqori alternativ xarajatga ega bo'lgan variant tanlanadi.

*Asosiy fondler* – o'zining buyum shaklini o'zgartirmagan holda xo'jalik faoliyatida ko'p martalab foydalaniladigan mehnat vositalari.

*Axborot texnologiyalari* – biznesjarayonlarini amalga oshirishda ma'lumotlarni yig'ish, qayta ishlash, saqlash va uzatishning kompleks vositalari.

*Biznes-tizim* pirovard maqsadi mahsulot ishlab chiqarish hisoblangan biznes-jarayonlarining o'zaro bog'liq to'plamidir.

*Bozor infratuzilmasi* – mahsulot (xizmatlar) ishlab chiqaruvchini iste'molchi bilan yagona bozor makonida birlashtirib, ishlab chiqarish va iste'mol ko'lamlari o'rtasidagi ziddiyatli bartaraf etuvchi va uning barcha ishtirokchilari oldilariga qo'ygan maqsadlariga erishishlarini ta'minlovchi muassasalar va vositachilik tarkiblari tizimi.

*Bozor muvozanati* – bozordagi talab va takliflarning miqdoran va tarkiban bir-biriga muvofiq kelishidir.

*Daromad* – tadbirkorlik yoki boshqa faoliyat natijasida pul yoki natura shaklida olinadigan mablag'lar.

*Funksiya* – qisqartirilgan biznes-jarayoni bo'lib, u o'zining yetkazib beruvchi va iste'molchilariga, kirish va chiqishiga ega hamda o'z navbatida keyingi darajadagi funksiyalar bilan tushuntirib berilishi va ifodalanishi mumkin.

*Investitsiya* – foyda olish maqsadida sarmoyani biror korxonaga uzoq muddatli sarflash.

*Ishlab chiqarish* – biznes korxonalarining asosiy faoliyat turi bo'lib, bu jarayon cheklangan resurslardan foydalangan holda amalga oshiriladi.

*Ishlab chiqarish funksiyasi* – sarflanadigan ishlab chiqarish omillari miqdori bilan, ushbu omillardan foydalangan holda maksimal ishlab chiqariladigan mahsulot o‘rtasidagi bog‘liqlikni ifodalovchi matematik bog‘lanish.

*Iqtisodiy-matematik usullar* – bu kompleks iqtisodiy va matematik ilmiy fanlarning umumiy nomi bo‘lib, ular yordamida iqtisodiy jarayonlarni o‘rganish vositalari ishlab chiqiladi.

*Iqtisodiy model* – Iqtisodiy obyektlarning soddalashtirilgan nusxasi

*Iqtisodiy resurslar* – bu iqtisodiy ne‘matlarni ishlab chiqarishda qatnashadigan elementlar (yer, mehnat, kapital, tadbirkorlik qobiliyati va axborot)

*Iqtisodiy o‘sish* – mamlakat miqyosida yalpi ichki mahsulotning aholi jon boshiga yildan-yilga barqaror o‘sib borish jarayonidir.

*Kon’yunktura* – bozor mexanizmi sharoitlarida rivojlanishning qonuniyatli shakllari davlat tomonidan tartibga solinishi va raqobatning, iste’molchilar, korporatsiyalar hamda davlat muassasalari va korxonalari tomonidan qaror qabul qilishdagi mustaqillikning muvozanati bilan belgilanuvchi jarayonlar: muayyan iqtisodiy faoliyat omillari va shart-sharoitlari yig‘indisi.

*Korrelyatsion tahlil* – omillar orasidagi bog‘lanish zichligini o‘rganish usulidir.

*Korrelyatsiya* – ikki va undan ortiq o‘zgaruvchilar orasidagi bog‘lanish zichligini aniqlovchi ko‘rsatkich.

*Matematik modellash* – o‘rganilayotgan jarayonlarni matematik tenglamalar va tengsizliklar ko‘rinishida ifodalash usulidir.

*Materiallar* – ishlab chiqarish jarayonida tayyor mahsulotga aylanadigan har qanday moddiy buyumlar.

*Mehnat unumdorligi* – korxonada ma’lum vaqtda (1 soatda, 1 kunda, 1 oyda, 1 yilda) bitta ishchiga to‘g‘ri keladigan mahsulot hajmi.

*Model* – o‘rganilayotgan jarayonni kichiklashtirilgan holda, grafik, rasm, maketlar ko‘rinishida o‘rganishga aytiladi.

*Muvozanat* – bu tizimning shunday bir holatiki, agar unga biror bir tashqi kuch ta’sir etmasa, u o‘zining ushbu holatini saqlab qoladi.

*Muvozanat narx* – bu shunday narxki, bu narxda bozorda taklif qilinadigan ne‘mat miqdori, unga bo‘lgan bozordagi talab miqdoriga teng.

*Omillar mahsuldorligining kamayish qonuni* – biror bir ishlab chiqarish omilidan foydalanish oshib borganda (boshqa omillardan foydalanish o‘zgarmaganda), shunday bir nuqtaga erishiladiki, ushbu nuqtadan boshlab qo‘shimcha ishlatilgan omil ishlab chiqarish hajmini kamaytiradi.

*Optimallashtirish tamoyili* – har bir faoliyatdan va resurslardan foydalanishda maksimal foyda olish.

*Optimallik* – bu mavjud taqchil resurslardan foydalanish bo'yicha eng samarali (qulay) variantdir.

*Raqobat* – bir xil mahsulot ishlab chiqaruvchi firma va korxonalarning iqtisodiy musobaqasi.

*Regression tahlil* – bu ikki va undan ortiq omillar o'rtasida matematik bog'lanishlarni aniqlash usulidir.

*Regressiya* – bir necha nuqtalar bo'yicha egri chiziqni aniqlashdir.

*Reja* – Biror natijaga erishish uchun oldinda belgilab olingan sxemaga asosan bosqichma-bosqich harakat qilish jarayonidir.

*Resurslar* – bu iqtisodiyotdagi ijtimoiy ishlab chiqarishda foydalaniladigan barcha zaxiralar va texnologik omillarning real oqimlaridir.

*Resurslar noyoblighi* – bu biror tovar yoki xizmatni ma'lum vaqt oralig'ida chegaralanganligidir.

*Samaradorlik* – korxonada biznes-jarayonlarini to'g'ri tashkil etish natijasida daromadlarning xarajatlardan yuqori bo'lish ko'rsatkichidir.

*Sistema (tizim)* – bu o'zaro bog'liq elementlar to'plami.

*Sintez* – tizimda faoliyat qilayotgan elementlarni bir butunga birlashtirib o'rganuvchi usuldir.

*Tahlil* – o'rganiladigan obyektlarni tashkil etuvchi elementlarga bo'luvchi, ularning tizimdagi o'rni va rolini tushuntirib beruvchi, shu bilan birga tizim tarkibini aniqlovchi usuldir.

*Ta'minlovchi jarayonlar* – biznes-jarayonlariga xizmat qilish bo'yicha, tashkilot ichki masalalarini yechishni pirovard maqsad qilib qo'ygan jarayondir.

*Tez o'suvchi korxonalar* – tezroq kichik biznes chegarasidan chiqib, mustaqil rivojlanishni xohlovchi korxonalar. Tez o'suvchi korxonalar kichik biznes korxonasi bo'lib, ular tezkor o'sish tendensiyasiga va qo'yilgan sarmoyaning yuqori qaytimligiga hisoblanadi.

*Texnologiya* – bu tovarlar ishlab chiqarish va xizmatlar ko'rsatish to'g'risidagi amaliy bilimlardir.

*Tizim tarkibi* – bu elementlar tarkibi va ularni birlashtirish usullaridir.

*Uzoq muddatli oraliq* – firmalarning barcha ishlab chiqarish resurslarini hajmini o'zgartira oladigan vaqt oralig'idir.

*Firma* – ishlab chiqarish resurslari egalarining qarorlarini va manfaatlarini muvofiqlashtiruvchi institutsional tuzilma.

*Foyda* – umumiy daromaddan umumiy xarajatlarni chegirib tashlangan qismi.

*Chekli daromad* – qo‘shimcha bir birlik mahsulotni sotish natijasida umumiy daromadning o‘sgan qismi.

*Chekli mahsulot* – o‘zgaruvchan resurslar kombinatsiyasini kichik miqdorda qo‘shimcha sarfi hisobidan umumiy mahsulotning o‘sgan qismidir.

*Chekli naflik* – bu naflik funksiyasidan biror bir ne‘mat o‘zgaruvchisi bo‘yicha olingan xususiy hosiladir.

*Chekli naflikning kamayish qonuni* – bu biror bir ne‘matdan har bir birlik qo‘shimcha iste‘mol (boshqa ne‘matlar iste‘moli hajmi o‘zgarmaganda) oldingisiga nisbatan kamroq naf berishidir.

*Chekli xarajat* – ishlab chiqarish hajmini kichik miqdorga (odatda bir birlikka) oshirish bilan bog‘liq bo‘lgan qo‘shimcha umumiy xarajat.

*Chetlanish* – bu haqiqiy natija bilan kutiladigan natija o‘rtasidagi farq.

*Elastiklik* – biror o‘zgaruvchining bir foizga o‘zgarishi natijasida boshqa bir o‘zgaruvchining ma‘lum foiz miqdorga o‘zgarishini ko‘rsatuvchi sonidir.

*Ekzogen o‘zgaruvchilar* – tashqi o‘zgaruvchilar bo‘lib, ular oldindan beriladi va modelga kiritiladi.

*Endogen o‘zgaruvchilar* – model ichida, hisob-kitoblar asosida shakllanuvchi o‘zgaruvchilar.

*O‘zgarmas xarajat* – bu qisqa muddatli oraliqda mahsulot ishlab chiqarish hajmiga bog‘liq bo‘lmagan xarajattir.

*O‘zgaruvchan xarajat* – mahsulot ishlab chiqarish hajmiga bog‘liq bo‘lgan xarajat, ya‘ni mahsulot hajmi oshganda yoki kamayganda o‘zgaradigan xarajat.

*O‘rtacha daromad* – sotilgan bir birlik mahsulotga to‘g‘ri keluvchi daromad yoki pul tushumi.

*O‘rtacha mahsulot* – umumiy mahsulotni ushbu mahsulotni ishlab chiqarish uchun sarflangan o‘zgaruvchan ishlab chiqarish omillari sarfiga nisbatiga aytiladi.

*O‘rtacha o‘zgarmas xarajat* – bir birlik mahsulotga to‘g‘ri keladigan o‘zgarmas xarajat.

*O‘rtacha o‘zgaruvchan xarajat* – bir birlik ishlab chiqarilgan mahsulotga to‘g‘ri keladigan o‘zgaruvchan xarajat.

*Qisqa muddatli oraliq* – shunday vaqt oralig‘iki, firma bu oraliqda faoliyat ko‘rsatsa, u ishlab chiqarish omillaridan kamida bittasi hajmini o‘zgartira olmaydi.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Greene, W. H. (2012). *Econometric Analysis*, 7th Edition (Int. Edition), Essex: Pearson.
2. Verbeek M. *A guide to modern econometrics*. John Wiley & Sons, Ltd. 2004.
3. Baltagi B.H., *Econometric analysis of panel data*. John Wiley & Sons, Ltd. 2005.
4. Elhorst J. P., *Spatial econometrics: From cross-sectional data to spatial panels*. Heidelberg, New York, Dordrecht, London : Springer, 2014.
5. Hardle W., Muller M., Sperlich S., Werwatz A., *Nonparametric and semiparametric models*, Springer, 2004.
6. Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. *The elements of statistical learning: Data mining, inference, and prediction*. Springer, 2008.
7. Keele L., *Semiparametric regression for the social sciences*, John Wiley&Sons, Ltd., 2008.
8. Koenker R., *Quantile regression*, Cambridge University Press, 2005.
9. [www.mineconomy.uz](http://www.mineconomy.uz) (O‘zbekiston Respublikasi iqtisodiy taraqqiyot va kambag‘allikni qisqartirish vazirligi)
10. [www.mf.uz](http://www.mf.uz) (O‘zbekiston Respublikasi Moliya vazirligi)
11. [www.stat.uz](http://www.stat.uz) (O‘zbekiston Respublikasi Davlat statistika qo‘mitasi).



## MUNDARIJA

|                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| I bob. EKONOMETRIKA-2 GA KIRISH.....                                                                                  | 3  |
| 1.1. Statistik bog‘liqliklarni tanlash konsepsiyasi.....                                                              | 3  |
| 1.2. Chiziqli va chiziqli ko‘rinishga keltiriladigan funksiyalar .....                                                | 5  |
| II bob. STATISTIK TAQSIMOT NAZARIYASI. ....                                                                           | 8  |
| 2.1. Tasodifiy miqdorlar va ularning turlari.....                                                                     | 8  |
| 2.2. To‘plamlar va ularning xossalari .....                                                                           | 11 |
| 2.3. Diskret va uzluksiz tasodifiy miqdorlar .....                                                                    | 12 |
| 2.4. Tasodifiy miqdorlarning xarakteristikalarini hisoblash .....                                                     | 13 |
| III bob. CHIZIQLI REGRESSIYAGA KIRISH .....                                                                           | 17 |
| 3.1. Iqtisodiy-ijtimoiy jarayonlarda bog‘liqliklar turlarini o‘rganish ....                                           | 17 |
| 3.2. Korrelyatsiya koeffitsiyentining turlari va hisoblash usullari.....                                              | 18 |
| 3.3. Chiziqli va chiziqsiz regression bog‘lanishlar .....                                                             | 20 |
| 3.4. Korrelyatsion-regression tahlilda eng kichik kvadratlar usulining<br>qo‘llanilishi.....                          | 22 |
| IV bob. CHIZIQSIZ REGRESSIYA MODELLARI .....                                                                          | 26 |
| 4.1. Egri chiziqli regressiya modellari spetsifikatsiyasi.....                                                        | 26 |
| 4.2. Ekonometrik modellash tirishda “eng kichik kvadratlar usuli”.....                                                | 29 |
| 4.3. Regressiyaning chiziqsiz modellarida Gauss-Markov<br>teoremasining asosiy qoidalar.....                          | 31 |
| 4.4. Chiziqsiz ko‘p omilli regression bog‘lanishlar .....                                                             | 34 |
| V bob. FIKTIV O‘ZGARUVCHILAR.....                                                                                     | 36 |
| 5.1. Fiktiv (sifatli) o‘zgaruvchilardan foydalanish zarurligi .....                                                   | 36 |
| 5.2. Fiktiv bog‘liq o‘zgaruvchi.....                                                                                  | 38 |
| 5.3. Dinamik ekonometrik modellarning umumiy xarakteristikasi .....                                                   | 40 |
| 5.4. Bog‘liq bo‘lmagan o‘zgaruvchilardagi lagli modellarni baholash<br>Koyk o‘zgartirishi .....                       | 41 |
| 5.5. Avtoregression modellar: adaptiv kutish va qisman to‘g‘rilash<br>modeli. Instrumental o‘zgaruvchilar usuli ..... | 44 |
| 5.6. ANOVA va ANCOVA modellari .....                                                                                  | 45 |
| 5.7. Ikkita regressiyaning taqqoslash. Chou testi.....                                                                | 48 |
| VI bob. TENGLAMALAR TIZIMI KO‘RINISHIDAGI<br>EKONOMETRIK MODEL .....                                                  | 51 |
| 6.1. Tenglamalar tizimi ko‘rinishidagi ekonometrik modellarni<br>mohiyati.....                                        | 51 |
| 6.2. Tenglamalar tizimi ko‘rinishidagi ekonometrik modellarga doir<br>misollar.....                                   | 54 |
| 6.3. Tenglamalar tizimi ko‘rinishidagi ekonometrik modellar turlari ....                                              | 56 |

|                                                                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| VII BOB. GAUSS-MARKOV TEOREMASI .....                                                                             | 59  |
| 7.1. Gauss-Markov teoremasi .....                                                                                 | 60  |
| 7.2. Umumlashtirilgan va bavoita “eng kichik kvadratlar usuli”.....                                               | 63  |
| 7.3. Gomoskedatlik va geteroskedatlikni aniqlash uchun testlar.....                                               | 65  |
| 7.4. Avtokorrelyatsiya va avtoregressiya tushunchasi.....                                                         | 66  |
| 7.5. Birinchi darajali avtoregression modellar .....                                                              | 68  |
| VIII bob. PANEL MA'LUMOTLARI .....                                                                                | 74  |
| 8.1. Panel ma'lumotlariga asoslangan modellar .....                                                               | 74  |
| 8.2. Panel ma'lumotlarining afzalliklari .....                                                                    | 74  |
| 8.3. Parametrlarni hisoblash samaradorligi. Parametrlarni aniqlash .....                                          | 79  |
| 8.4. O'rnatilgan effektlar (regressiya ) modeli (fixed effect model) .....                                        | 80  |
| 8.5. Tasodifiy effektlar (regressiya) modeli (random effect model) .....                                          | 84  |
| IX bob. EKSPERT TADQIQOTLARINI O'TKAZISH VA EKSPERT<br>BAHOLARINI TAHLIL QILISH UCHUN EKONOMETRIK<br>USULLAR..... | 90  |
| 9.1. Juft taqqoslash usuli .....                                                                                  | 92  |
| 9.2. Ketma-ket taqqoslash usuli .....                                                                             | 93  |
| 9.3. Ekspert baholarini tortish usuli .....                                                                       | 94  |
| 9.4. Rank darajasi.....                                                                                           | 99  |
| 9.5. To'liq juftlik bilan moslashtirish usuli.....                                                                | 100 |
| 9.6. Issiqxonalarni taqqoslash yordamida loyihalar reytingi.....                                                  | 102 |
| 9.7. Kondorset prinsipi asosida eng yaxshi alternativani topish.....                                              | 106 |
| 9.8. Ekspert baholari usuli bilan tizimning ratsional tuzilishini<br>tanlash .....                                | 110 |
| 9.9. Ekspertlarning kelishuvini baholash.....                                                                     | 112 |
| X BOB. IQTISODIY DINAMIKANI PROGNOZ QILISH VOSITASI<br>SIFATIDA ISHLAB CHIQUARISH FUNKSIYALARI .....              | 114 |
| 10.1. Prognoz qilish usullarining turkumlanishida ishlab chiqarish<br>funksiyalarning umumiy xossalari.....       | 114 |
| 10.2. Ishlab chiqarish funksiyasining turlariga xususiyatlari .....                                               | 116 |
| XI BOB. VAQTLI QATORLARNI MODELLASH USULLARI .....                                                                | 120 |
| 11.1. Vaqtli qatorlar to'g'risida umumiy tushunchalar .....                                                       | 120 |
| 11.2. Multiplikativ va additiv modellarning tarkibiy tuzilishi.....                                               | 122 |
| 11.3. Bir o'lchamli vaqtli qatorlarni modellash usullari.....                                                     | 125 |
| 11.4. Vaqtli qatorlarni tekislash usullari.....                                                                   | 128 |
| XII bob. PROGNOZLASHNING EKSPERT USULI .....                                                                      | 135 |
| 12.1. Ekspert baholash usulining mohiyati .....                                                                   | 135 |
| 12.2. Ekspert baholash usulining amalga oshirish bosqichlari.....                                                 | 136 |
| 12.3. Ekspert baholashning boshqa usullari.....                                                                   | 142 |

|                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------|-----|
| XIII bob. LAGLI O‘ZGARUVCHILI EKONOMETRIK                           |     |
| MODELLAR .....                                                      | 146 |
| 13.1. Lagli o‘zgaruvchili modellar.....                             | 147 |
| 13.2. Taqsimlangan lagli modellar.....                              | 149 |
| 13.3. Almonning polinomial lagli modeli.....                        | 151 |
| 13.4. Koykning geometrik laglar modeli .....                        | 152 |
| 13.5. Taqsimlangan laglarning avtoregression modellari.             |     |
| Avtoregressiya modellarida qoldiqlar avtokorrelyatsiyasini aniqlash |     |
| uchun Darbining h-mezoni.....                                       | 154 |
| 13.6. Qisman to‘g‘rilash modeli (moslashish).....                   | 157 |
| 13.7. Adaptiv kutishlar modeli.....                                 | 159 |
| 13.8. Xatolarni to‘g‘rilash modeli .....                            | 161 |
| Glossariy .....                                                     | 163 |
| Foydalanilgan adaboyotlar ... ..                                    | 168 |

**D.K.ABDULLAYEVA,  
R.X.ALIMOV,  
A.I. ISHNAZAROV**

# **EKONOMETRIKA - 2**

**Toshkent – «INNOVATSION RIVOJLANISH  
NASHRIYOT-MATBAA UYI» – 2021**

|                              |                |
|------------------------------|----------------|
| Muharrir:                    | N.Ibragimova   |
| Tex. muharrir:               | A.Moydinov     |
| Musavvir:                    | A.Shushunov    |
| Musahhih:                    | L.Ibragimov    |
| Kompyuterda<br>sahifalovchi: | Sh.Muzaffarova |

**E-mail: nashr2019@inbox.ru Tel: +99899.373-90-35**  
**Nashr.lits. AIN№009, 20.07.2018. Bosishga ruxsat etildi 09.09.2021.**  
**Bichimi 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. «Timez Uz» garniturasida.**  
**Ofset bosma usulida bosildi.**  
**Shartli bosma tabog'i 11,5. Nashriyot bosma tabog'i 10,75 .**  
**Tiraji 50. Buyurtma № 225.**

**«INNOVATSION RIVOJLANISH NASHRIYOT-MATBAA UYI»  
bosmaxonasida chop etildi.**  
**100174, Toshkent sh, Olmazor tumani,  
Universitet ko'chasi, 7-uy.**