



**Raximov Abdulaxad
Nematovich**

Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti Samarqand filiali raqamli iqtisodiyot va axborot texnologiyalari kafedrasida katta o'qituvchisi. 1958-yilda Samarqand viloyatining Urgut tumanida tug'ilgan. Samarqand davlat universitetini tugatgan.

Ilmiy qiziqish sohalari: Iqtisodiyotning turli tarmoq va sohalari hamda ta'limda axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini qo'llash, iqtisodiy axborot tizimlarini ishlab chiqish va amaliyotga joriy etish, iqtisodiy masalalarni tahlil etishda ekonometrik va matematik usullarni qo'llash, statistikaga innovatsion texnologiyalarni joriy qilish.

90 dan ortiq ilmiy maqolalar va ilmiy-uslubiy ishlar muallifi, jumladan 1 ta darslik, 4 ta o'quv-uslubiy qo'llanma va ko'plab o'quv uslubiy qo'llanmalar chop etgan. Bir nechta axborot tizimlarini loyihalashtirgan, ishlab chiqqan va ularni qishloq xo'jaligi faoliyatiga samarali joriy etgan.

ISBN 978-9910-9696-2-1



9 789910 969621

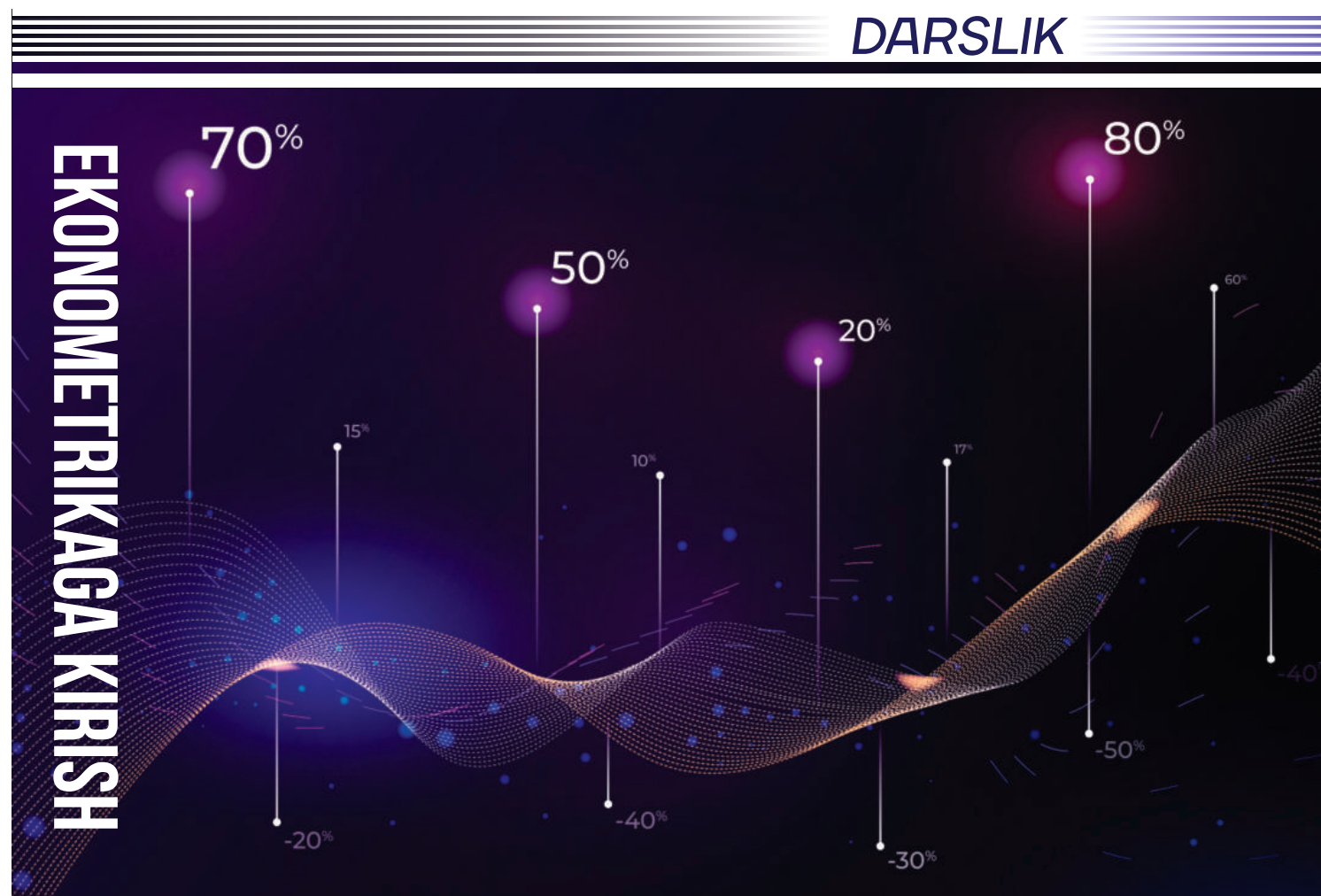


RAXIMOV A.N.

RAXIMOV A.N.

EKONOMETRIKAGA KIRISH

DARSLIK



EKONOMETRIKAGA KIRISH

DARSLIK

“IQTISODIYOT”

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY TA'LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI



A.N. RAXIMOV

EKONOMETRIKAGA KIRISH

O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va
innovatsiyalar vazirligi oliy ta'lim muassasalari
uchun darslik sifatida tavsiya etgan

TOSHKENT
"IQTISODIYOT"
2023

UO'K: 519.862.6 (075)
KBK: 65v6

**Raximov A.N. "EKONOMETRIKAGA KIRISH". Darslik. –
Toshkent: "IQTISODIYOT", 2023. – 388 b.**

Darslik **"Ekonometrikaga kirish"** 60310100- iqtisodiyot (qishloq xo'jaligi iqtisodiyoti) va 60310100- Iqtisodiyot: Oziq-ovqat va resurslar iqtisodiyoti ta'lim yo'nalishlari fan dasturlariga asosida yozilgan. Darslikda ekonomika kirish fanining predmeti, ekonometrik modellar va ekonometrik modellashirish bosqichlari keltirilgan. Darslikda matematik va statistik usullarning mikroiqtisodiy, makroiqtisodiy va ijtimoiy-iqtisodiy o'zgarishlari ekonometrik tahlil qilingan. Ekonometrik modellarning baholash usullari masalalar yordamida ochib berilgan. Darslikda vaqtli qatorlar, dinamik qatorlar tog'risida ma'lumotlar batafsil yoritilgan.

Darslik 60310100- iqtisodiyot (qishloq xo'jaligi iqtisodiyoti) va 60310100- Iqtisodiyot: Oziq-ovqat va resurslar iqtisodiyoti ta'lim yo'nalishlari talabalari bilan bir qatorda ekonometrika kursini mustaqil o'rganuvchilar uchun ham mo'ljallangan.

Учебник **«Введение в эконометрику»** написано по учебным образовательным направлениям 60310100 - экономика (Экономика сельского хозяйства) и 60310100 - экономика: экономика продовольствия и ресурсов. Учебник содержит предмет курса, эконометрические модели и этапы эконометрического моделирования. В учебнике проведен эконометрический анализ микроэкономических, макроэкономических и социально-экономических изменений математическими и статистическими методами. Эконометрическая модель обучения раскрывается с помощью методов оценки задач. В учебнике подробно описаны данные о временном ряде и динамических рядах.

Учебник предназначен для студентов образовательных направлений 60310100 - экономика (Экономика сельского хозяйства) и 60310100 - экономика: экономика продовольствия и ресурсов, а также для самостоятельных изучающих курс эконометрики.

Taqrizchilar:

A. Omonov - Toshkent moliya instituti, Bank kafedrası mudiri, iqtisod fanlari doktori, professor;

A. Almuradov- Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti "Iqtisodiy matematik metodlar" kafedrası dotsenti, iqtisod fanlari nomzodi;

J. Yaxshilikov- Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti Samarqand filiali "Raqamli iqtisodiyot va axborot texnologiyalari" kafedrası katta o'qituvchisi, iqtisod fanlari bo'yicha falsafa doktori, Phd;

H. Akbarov- Toshkent davlat agrar universiteti Samarqand filiali "Barqaror qishloq xo'jaligi va raqamli texnologiyalar" kaferasi katta o'qituvchisi, iqtisod fanlari bo'yicha falsafa doktori, Phd.

*O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi Muvofiqlashtiruvchi kengash
Rayosatining 2023-yil 15-iyundagi 3-sonli qaroriga asosan nashrga tavsiya etilgan.*

ISBN 978-9910-9696-2-1

© «IQTISODIYOT» Nashriyoti, 2023.

SO'Z BOSHI

Ekonometrikaga kirish fani talabalarda iqtisodiyotni globalashtirish sharoitida qishloq xo'jaligi sohasi tarmoqlarini ekonometrik modellash tirish asoslarini o'rgatishdan, o'rganilayotgan ishlab chiqarish jarayonlariga ekonometrik, iqtisodiy-matematik va iqtisodiy-statistik usullarni qo'llashni, qishloq xo'jalik masalalarini ekonometrik modellar asosida standart dasturlar yordamida yechish va olingan natijalarni iqtisodiy tahlil qilish, qishloq xo'jaligida korrelyatsion-regression tahlil va ko'p omilli ekonometrik modellardan foydalanish bo'yicha bilim, ko'nikma va malakalarini shakllantirishdan iboratdir.

Ekonometrikaga kirish fani talabalarga turli xo'jalik shaklidagi korxona-larning ishlab chiqarish jarayonini rejalashtirish va boshqarishda ekonometrik modellarni tuzish uslubiyatlarini, ekonometrik modellardan iqtisodiy ko'rsatkichlarni tahlil qilishda foydalanishni, qishloq xo'jaligini modernizatsiyalash sharoitida ushbu sohada vujudga kelishi mumkin bo'lgan amaliy muammolarni yechishda ekonometrik model va usullardan hamda zamonaviy axborot texnologiyalaridan samarali foydalanishni o'rgatishdan iborat.

Ekonometrikaga kirish fani iqtisodiyot bo'yicha chuqur fundamental tadqiqotlar olib borishga, iqtisodiy rivojlanish modellarini tuzishga imkon beradi; milliy iqtisodiyotni yaxlit tizim tarzidagi matematik modellarini yaratish orqali unga tashqi ta'sirlar, jahonda yuz berayotgan inqirozning biznes sikllariga ta'sirini aniqlay oladigan va qarshi choralarini belgilash strategiyalarini ishlab chiqishga imkon beradi; qo'yilgan muammoni nafaqat analitik ifodalab qolmasdan, balki axborot-kommunikatsiya texnologiyalari asosida iqtisodiy jarayonlarning matematik modellarini tuza oladigan, endogen (natijaviy) va ekzogen (erkin) omillar ta'sirini aniqlay oladigan milliy iqtisodiyotdagi tarmoqlar va korxonalarining biznes-jarayonlarini modellash tirishga ko'maklashadi; tadqiq qilinayotgan obyekt, korxona, tarmoqning yoki iqtisodiyotni ekonometrik modellarini tuzishga imkon berib, ushbu jarayonlarni sifat va son jihatidan tizimli boshqara oladigan va bashorat qila oladigan modellarini

yaratadi; tadqiq qilinayotgan obyektning samarali boshqarish uchun o'tkazilgan tadqiqotlar asosida maslahat beruvchi takliflar hamda boshqaruv qarorlarini ishlab chiqishga imkon beradi.

Ekonometrikaga kirish fani talabalar iqtisodiy tizimlar va jarayonlarning murakkabligi, iqtisodiyotni ekonometrik modellash tirish zarurligi, ekonometrik model, stoxastik model, statik model va dinamik modellar to'g'risida tushuncha, ekonometrik modellarni yaratish shartlari, ekonometrik modellarning statistik bazasi, bozor munosabatlari sharoitida iqtisodiy ko'rsatkichlarning tahlili va prognozida ekonometrik modellardan foydalanish masalalari nazariy va amaliy jihatdan o'rganiladi. Ekonometrik modellash tirish, ekonometrik modellardagi o'zgaruvchilar, ekonometrik tenglamalar tizimi, aniq iqtisodiy obyektlar kabi tushunchalar org'lanishlarni iqtisodiy talqin qilish masalalari ko'rib chiqiladi va bog'liq va bog'liq bo'lmagan o'zgaruvchilar tushunchalari talabalarga tushunchalar keltirib o'tilgan. Ekonometrik modellash tirish bosqichlari tushunchalari fanni o'rganishda muhim ahamiyatga ega.

Ekonometrik usullar oddiy an'anaviy usullarni inkor etmasdan, balki ularni yanada rivojlantirishga va obyektiv o'zgaruvchan natija ko'rsatkichlarini boshqa ko'rsatkichlar orqali muayyan tahlil qilishga yordam beradi. Ekonometrik usullarning va kompyuterlarning milliy iqtisodiyotni boshqarishda afzalliklaridan biri shundaki, ular yordamida modellash tiruvchi obyektga omillarning ta'sirini, natija ko'rsatkichiga resurslarning o'zaro munosabatlarini ko'rsatish mumkin. Bu esa o'nlab tarmoqlar va minglab korxonalarda ishlab chiqarish natijalari va milliy iqtisodiyotni ilmiy asosda prognozlashtirish va boshqarishga imkon beradi.

Ekonometrik modellash iqtisodiy ko'rsatkichlarni o'zgarish qonuniyatlarini, tendensiyalarni aniqlash natijasida ekonometrik modellar yordamida iqtisodiy jarayonlarni rivojlanish va prognozlash yo'llarini belgilaydi.

Iqtisodiy ma'lumotlar dinamik qator yoki dinamik ustun ko'rinishida tuziladi, ya'ni ular vaqt bo'yicha o'zgaradilar. Kuzatuvlar soni omillar sonidan 4-5 marta ko'proq bo'lishi kerak.

Ekonometrik modellash tirish va modellarning ahamiyati quyidagilarda namoyon bo'ladi:

1) Ekonometrik usullar yordamida moddiy, mehnat va pul resurslaridan oqilona foydalaniladi.

2) Ekonometrik usullar va modellar iqtisodiy va tabiiy fanlarni rivojlantirishda yetakchi vosita bo'lib xizmat qiladi.

3) Ekonometrik usullar va modellar yordamida tuzilgan prognozlarni umumiy amalga oshirish vaqtida ayrim tuzatishlarni kiritish mumkin bo'ladi.

4) Ekonometrik modellar yordamida iqtisodiy jarayonlar faqat chuqur tahlil qilibgina qolmasdan, balki ularning yangi o'rganilmagan qonuniyatlarini ham ochishga imkon yaratiladi. Shuningdek, ular yordamida iqtisodiyotning kelgusidagi rivojlanishini oldindan aytib berish mumkin.

5) Ekonometrik usullar va modellar hisoblash ishlarini avtomatlashtirish bilan birga, aqliy mehnatni yengillashtiradi, iqtisodiy soha xodimlarining mehnatini ilmiy asosda tashkil etadi va boshqaradi.

Asosiy ekonometrik usullar – bu matematik statistika usullari va ekonometrik usullari bilan iqtisodiy munosabatlarni o'rgaish va talil qilish.

Matematik statistika usullari - dispersion tahlil, korrelyasiya tahlili, regressiya tahlili, omilli tahlil, indekslar nazariyasi kabilar.

Ekonometrik usullar - iqtisodiy o'sish nazariyasi, ishlab chiqarish funksiyasi nazariyasi, talab va taklif nazariyasi.

Ekonometrikani o'rganish jarayoni – bu iqtisodiyot, iqtisodiy jarayonlarning ekonometrik modellarini tuzish jarayonidir.

Asosiy qo'llanadigan usullar– korrelyatsion tahlil usuli, regression tahlil usuli, dispersion tahlil usuli, trendini aniqlash, Almon usuli, Koyk usuli va boshqalar.

Ekonometrik modellash tirish quyidagi ilmiy yo'nalishlar kummajmuasidir:

- iqtisodiy nazariya;
- ehtimollar nazariyasi;
- matematik statistika;
- kompyuter texnologiyalari.

Ekonometrik modellar ehtimollar nazariyasiga asoslangan holda yaratilishi stoxastik ekonometrik modellash tirish deyiladi. Ko'p ekzogen o'zgaruvchilardan foydalanib tuzilgan ekonometrik modellash tirish determinantlashgan ekonometrik modellash tirish deyiladi.

Umuman olganda, ekonometrikaga kirish fani iqtisodiy munosabatlarni matematik mulohazalar, statistik formulalar va iqtisodiy nazariya fanlari asosida tahlil qilinadi.

Kursning vazifalari quyidagilardan iborat:

- ekonometrikani iqtisodidagi o'rniini o'rganish;
- iqtisodiy jarayonlar asosida ekonometrik modellarni yasay olish;
- masala turiga qarab unga mos bo'lgan ekonometrik usullarni qo'llay olish;
- mantiqiy fikrlashga o'rgatish;
- iqtisodiy masalalarni ekonometrik modellarni yaratish usullarini o'rgatish.

Kurs yakunida talaba quyidagi imkoniyatlarga ega bo'ladi:

- iqtisodiy masalalarga mos funksiyalarni yaratish va uni tahlil qilish;
- iqtisodiy jarayonlar asosida ekonometrik modellarni yasay olish va qo'llay bilish;
- "Stata" paketi, Excel dasturi bilan ishlashdagi barcha matematik tushunchalarga ega bo'lish;
- iqtisodiy masalalarni matematik modelini yaratish usullarini o'rganish.

EKONOMETRIK MODELLASHTIRISH ASOSLARI



1.1. IQTISODIY TIZIMLAR VA JARAYONLARNING MURAKKABLIGI. IQTISODIYOTNI EKONOMETRIK MODELLASHTIRISH ZARURLIGI

Ekonometrika-fanda juda tez rivojlanuvchi soha bo'lib, uning maqsadi iqtisodiy munosabatlarga miqdoriy o'lchamlarni berishdan iborat. "Ekonometrika" iborasi(so'zi) 1910 yilda (Avstro-Vengrya) buxgalter P.Syempa tomonidan kiritilgan (u "ekonometriya" degan). Sempa "Agar buxgalteriya hisobi ma'lumotlariga algebriya va geometriya usullarini qo'llansa, u holda xo'jalik faoliyati natijalari to'g'risida yanada chuqurroq tasavvurga ega bo'lish mumkin" deb ta'kidlagan. Iqtisodchilar "Ekonometrika" terminidan P. Syempa (1910), Y.Shumpeter (1923), R.Frith (1930) larning tadqiqotlari natijasida qo'llay boshladilar. Ushbu ibora ko'p vaqt davomida ishlatilmagan bo'lsada, "ekonometrika" iborasi iqtisod ilmda yangi yo'nalishni yuzaga kelishida juda qulay keldi.

Iqtisod fanida yangi yo'nalish - "ekonometrika" 1930 yilda paydo bo'ldi. "Ekonometrika" (grekcha "metron") so'zi ikkita "ekonomika" va "metrika" so'zlarining birlashmasidan tashkil topgan. Ushbu termin ikkita so'z "EKONOMIKA" va "METRIKA" larning birlashishidan hosil bo'lgan. Grek tilidan tarjima qilganda OIKONOMOS (ekonomist) – bu uy bosh-qaruvchisi, METRIKA (*metrihe, metron*) – o'lchov ma'nolarini bildiradi.

EKONOMETRIKAning predmeti – bu iqtisodiy jarayonlar va hodisalarning o'zaro munosabatlarini miqdoriy ifodalanishni o'rganish hisoblanadi.

Ekonometrika - bu iqtisodiy hodisalar va jarayonlar o'zaro bog'likligining miqdoriy ifodasini o'rganuvchi fan.

Model (lat. *modulus* – o'lchov, me'yor) - biror ob'ekt yoki ob'ektlar tizimining obrazi yoki namunasidir. Masalan, yerning modeli - globus, osmon va undagi yulduzlar modeli - planetariy ekrani, pasportdagi suratni shu pasport egasining modeli deyish mumkin.¹

Model – bu shunday moddiy yoki xayolan tasavvur qilina-digan obyekt, qaysiki tadqiqot jarayonida haqiqiy obyektning o'rnini shunday bosadiki, uni bevosita o'rganish haqiqiy obyekt haqida yangi bilimlar beradi. Modellarni qurishda tadqiq qilinayotgan hodisani belgilovchi muhim omillar aniqlanadi va qo'yilgan masalani yechish uchun muhim bo'lmagan qismlar chiqarib tashlanadi.

Ekonometrika iborasining o'zida ekonometrikani fan sifatida uning xususiyati va mazmuni ifodalanadi. Uning mazmuni: iqtisodiyot nazariyasi tomonidan ochilgan va asoslangan aloqa va munosabatlarni miqdoriy ifodalashdan iborat. Demak, ekonometrika

¹<https://fayllar.org/model-tushunchasi-model-turlari-model-va-modellashtirish.html>

iqtisodiy hodisalarni o'lchash va tahlil qilish haqidagi fandır. Ekonometrik bilimlar iqtisodiy nazariya, iqtisodiy matematika, iqtisodiy statistika, ehtimollar nazariyasi va matematik statistika kabi fanlarning o'zaro bog'liqligi hamda rivojlanishining natijasi sifatida ajralib chiqqan va shakllangan.

1933 yilda R. Fisher tomonidan "Ekonometrika" jurnaliga asos solindi. Jurnalda u ekonometrikaga quyidagicha ta'rif bergan: "Ekonometrika - bu o'sha iqtisodiy statistika emas. Ko'p qismi miqdoriy xususiyatga ega bo'lgan iqtisodiy nazariyaning ham o'zi emas. Ekonometrika matematikani iqtisodga qo'llash ham emas. Tajriba shuni ko'rsatadiki har uchchala statistika, iqtisodiyot nazariyasi va matematika ijtimoiy-iqtisodiy munosabatlarni o'rganadi. Ekonometrik usullar oliy statistika deb nomlanuvchi juft va ko'p o'lchovli regressiya, juft, xususiy va ko'p o'lchovli korrelyatsiya, trendlarni ajratish va boshqa davriy qatorlar komponentalari, statistik baholash usullari asosida yuzaga kelgan va rivojlangan.

R. Fisher shunday deb yozgan: "Statistik usullar ijtimoiy fanlarda muhim element hisoblanadi va aynan shu usullar yordamida ijtimoiy bilimlar fan darajasigacha ko'tarilishi mumkin". Birinchidan - ekonometrika o'ziga xos bo'lgan usullar tizimi sifatida iqtisodiy o'zgaruvchilar va ular orasidagi bog'lanishlarning xususiyatlarini tasvirlagan holda o'zining masalalarini aniqlashtirish bilan rivojlana boshladi. Regressiya tenglamasiga na faqat birinchi darajali o'zgaruvchilarni kiritildi balki natijaga maksimal yoki minimal (ozmi-ko'pmi) darajada ta'sir etuvchi qiymatlarni akslantiruvchi iqtisodiy o'zgaruvchilarning optimal xususiyatlarini ifodalash maqsadida, ikkinchi darajali o'zgaruvchilarni ham kiritila boshlandi. Masalan: Ekinlarni o'g'itlantirishning hosildorlikka ta'sirini ko'radigan bo'lsak, ekinlarni ma'lum bir darajada o'g'itlantirish uning hosildorligini oshiradi; lekin o'g'itlantirish me'yor darajasidan ortishi hosildorlikni ortishiga olib kemaydi balki, hosildorlikni pasayishiga olib kelishi mumkin. Xuddi shunday ko'plab ijtimoiy-iqtisodiy o'zgaruvchilarning ta'siri haqida gapirish mumkin (masalan, ishchilar sonini ortishini mehnat unumdorligiga, daromadlarni ayrim oziq-ovqat mahsulotlarini iste'moliga ta'siri va h.k.).

Ekonometrika o'zining predmeti, maqsadi va tadqiqot masalalarini shakllantiradi. Shu bilan birga ekonometrikaning mazmuni, uning tarkibi va qo'llanilish sohasi yuqorida keltirilgan fanlar bilan doimo aloqada bo'ladi.

Ekonometrika to'g'risida yirik olimlarning fikrlarini keltiramiz.

R. Frish - "...uchta tashkil etuvchi - statistika, iqtisodiy nazariya va matematika fanlarining birlashuvidir".

S. Grilixes - "...bizni o'rab turgan iqtisodiy dunyoni o'rganish uchun bir vaqtning o'zida bizning teleskopimiz hamda mikroskopimizdir".

E. Malenkov - "...bizning xayoliy iqtisodiy tasavvurlarimizni empirik mazmun bilan to'ldiradi".

S. Fisher - "...iqtisodiy o'zgaruvchilar o'rtasida o'zaro aloqalarni o'lchash uchun statistik usullarni ishlab chiqish va qo'llash bilan shug'ullanadi".

S. Ayvazyan - "...sifat jihatdan o'zaro bog'lanishlarga miqdoriy ifodani berishga imkon beruvchi usullar va modellar to'plamini birlashtiradi".

Ekonometrikani aniqlash bo'yicha yondashuvlar tahlili hamda ekonometrika fanining holati ayrim masalalarni yechish ga erishishda ushbu fanning maqsadini shakllantiradi.

Ekonometrikaning maqsadi - bu mavjud iqtisodiy obyektlarni modellashtirish va miqdoriy tahlil qilishning usullarini ishlab chiqishdan iborat.

Ekonometrikaning vazifalari:

- 1) *Modelni spesifikatsiya qilish - empirik tahlil uchun ekonometrik modellarni tuzish.*
- 2) *Modelni parametrlashtirish - tuzilgan model parametrlarini baholash.*
- 3) *Modelni verifikatsiya qilish - model parametrlari sifatini va butun modelning o'zini tekshirish.*
- 4) *Model asosida prognoz qilish - ekonometrik modellashtirish natijalari bo'yicha aniq iqtisodiy hodisalar uchun prognozlar tuzish va takliflar ishlab chiqish.*

Ekonometrik usullar oddiy an'anaviy usullarni inkor etmasdan, balki ularni yanada rivojlantirishga va ob'ektiv o'zgaruvchan natija ko'rsatkichlarini boshqa ko'rsatkichlar orqali muayyan tahlil qilishga yordam beradi. Ekonometrik usullarning va elektron hisoblash mashinalarining milliy iqtisodiyotni boshqarishda afzalliklaridan biri shundaki, ular yordamida modellashtiruvchi ob'ektga omillarning ta'sirini, natija ko'rsatkichiga resurslarning o'zaro munosabatlarini ko'rsatish mumkin. Bu esa o'nlab tarmoqlar va minglab korxonalarda ishlab chiqarish natijalari va milliy iqtisodiyotning ustuvor yo'nalishlarini ilmiy asosda prognozlashtirish va boshqarishga imkon beradi.

Ekonometrik modellarning ahamiyatini quyidagilarda ko'rish mumkin:

1. Ekonometrik usullar yordamida moddiy, mehnat va pul resurslaridan oqilona foydalaniladi.

2. Ekonometrik usullar va modellar iqtisodiy va tabiiy fanlarni rivojlantirishda yetakchi vosita bo'lib xizmat qiladi.

3. Ekonometrik usullar va modellar yordamida tuzilgan prognozlarni umumiy amalga oshirish vaqtida ayrim tuzatishlarni kiritish mumkin bo'ladi.

4. Ekonometrik modellar yordamida iqtisodiy jarayonlar faqat chuqur tahlil qilibgina qolmasdan, balki ularning yangi o'rganilmagan qonuniyatlarini ham ochishga imkoni yaratiladi. Shuningdek, ular yordamida iqtisodiyotning kelgusidagi rivojlanishini oldindan aytib berish mumkin.

5. Ekonometrik usullar va modellar hisoblash ishlarini avtomatlashtirish bilan birga, aqliy mehnatni yengillashtiradi, iqtisodiy soha xodimlarining mehnatini ilmiy asosda tashkil etadi va boshqaradi.

Bu kompleksni bitta tahlil ob'ekti bor - ya'ni, iqtisodiyot. Boshqa iqtisodiy fanlarga qaraganda, kompleks iqtisodiyotni har xil ekonometrik usullar bo'yicha tahlil qiladi

Iqtisodiy tizim - iqtisodiy mahsulotni ishlab chiqarish, taqsimot, ayirboshlash va iste'mol jarayonida paydo bo'ladigan asosiy iqtisodiy munosabatlarning shakl va mazmunini belgilab beradigan, mamlakatda tarixan paydo bo'lgan yoki joriy etilgan, amal qiladigan tamoyillar, qoidalar, qonun yo'li bilan mustahkamlangan me'vorlar majmui. Iqtisodiy tizim doirasida iqtisodiyot sub'yektlari, ishlab chiqarish omillari o'zaro munosabatga kirishadilar va bu munosabatlar ma'lum qonun-qoidalarga binoan boshqariladi. Iqtisodiy tizim faoliyati mulk, pul va pul tizimi, davlat va nodavlat tashkilotlari, korxona, soliq, daromad, reja, foyda kabi bir qator vositalar yordamida tashkil qilinadi.²

Har bir davrda va makonda amal qilayotgan iqtisodiy munosabatlar majmuasi – iqtisodiyotni tashkil qilish shakllari, xo'jalik mexanizmi va iqtisodiy muassasalar bilan birgalikda iqtisodiy tizimni tashkil qiladi.

Iqtisodiy nazariyada ko'pincha iqtisodiy tizim tushunchasini ishlab chiqaruvchi kuchlarning rivojlanish darajasi bilan bog'lab turkumlashga harakat qilinadi. Shu asosda dunyodagi rivojlangan mamlakatlar iqtisodiy tizimining uchta nusxasiga kiritiladi: an'anaviy iqtisodiyot, ma'muriy buyruqbozlik iqtisodiyoti va bozor iqtisodiyoti tizimlari.

An'anaviy iqtisodiyot – deyarli hamma mamlakatlar bosib o'tgan tarixiy tizimdir. U hozirgi davrda ham ko'plab iqtisodiy jihatdan kam rivojlangan mamlakatlarda mavjud bo'lib, ularda urf-odatlar, udumlarga, an'analariga asoslangan iqtisodiy jarayonlarga amal qiladi. Ularda natural yoki mayda tovar xo'jaligi hukmron bo'ladi. Bu yerda ishlab chiqarish, ayirboshlash, daromadlarni taqsimlash vaqti-vaqti bilan o'rnatiladigan urf-odatlariga asoslanadi.

Merosxo'rlik va sulola (tabaqa) shaxslarning iqtisodiy roliga hukmronlik qiladi, ijtimoiy-iqtisodiy turg'unlik aniq ifodalanadi. Texnika taraqqiyoti va yangiliklarni joriy qilish keskin cheklangan, chunki ular an'analar bilan ziddiyatli hisoblanadi va ijtimoiy tuzum barqarorligiga xavf tug'diradi. Iqtisodiy faoliyatga nisbatan diniy va madaniy tartiblar birlamchi hisoblanadi.

Bu yerda shuni ta'kidlash lozimki iqtisod muammosini hal qilishning bir xil va umum tan olingan yechimi mavjud emas. Xar xil madaniyat va tarixiy o'tmish, har xil urf-odat va an'analar, qarama-qarshi mafkuraviy qarashlarga ega bo'lgan turli jamiyatlar aniq iqtisodiy muammolarni hal qilish uchun turli xil tartiblardan foydalanadi.

Bozor iqtisodiyotiga qarama-qarshi tizim **ma'muriy-buyruqbozlik iqtisodiyoti** hisoblanadi. Bu tizim amalda barcha moddiy resurslarga ijtimoiy aniqrog'i davlat mulkchiligi hukmronligi va ma'muriy organlar tomonidan iqtisodiy qarorlarning markazlashgan tartibda qabul qilinishi bilan xarakterlanadi. Foydalanadigan resurslarning hajmi, mahsulotning tarkibi va taqsimlanishi, ishlab chiqarishni tashkil qilish kabilarga tegishli barcha muhim qarorlar markaziy boshqarish organlari tomonidan qabul qilinadi.

Iqtisodiy taraqqiyotda muhim bosqich hisoblangan tizim **bozor iqtisodiyoti tizimidir**.

Bozor iqtisodiyoti tizimi asosan ikki bosqichga egadir. Birinchisi erkin raqobatga asoslangan klassik bozor iqtisodiyoti bo'lib, ba'zi adabiyotlarda uni sof kapitalizm deb ham yuritiladi. Ikkinchisi esa hozirgi zamon rivojlangan bozor iqtisodiyoti bo'lib, uni aralash iqtisodiyot tizimi deb ham yuritiladi.

Erkin raqobatga asoslangan bozor iqtisodiyoti resurslarga xususiy mulkchilik, iqtisodiy faoliyatda va tadbirkorlikda erkinlik, iqtisodiy jarayonlarni tartiblashda va uyg'unlashtirishda bozor mexanizmidan foydalanish bilan tavsiflanadi. Bunday tizimda uning ham bir qatnashchisining xulq-atvori shaxsiy manfaatiga asoslanadi, har bir iqtisodiy birlik, alohida qabul qilingan qarorlar asosida, o'zlarining daromadlarini eng yuqori darajada yetkazishga intiladi. Bozor tizimi yordamida alohida qabul qilingan qarorlar uyg'unlashtiriladi. Raqobat sharoitida tovarlar (xizmatlarning) ishlab chiqarilishi, resurslarning taklif qilinishi shuni bildiradiki, har bir mahsulot va resurslarning ko'plab mustaqil harakat qiluvchi xaridor va sotuvchilari mavjud bo'ladi. Bu yerda iqtisodiy jarayonlarga davlatning aralashuvi cheklangan tavsifga ega bo'ladi. Shu sababli davlatning roli, xususiy mulkni himoya qilish va erkin bozorning amal qilinishi yengillashtiruvchi ishonchli huquqiy tartiblar o'rnatishdan iboratdir.

² <https://qomus.info/encyclopedia/cat-i/iqtisodiy-tizim-uz/>

Hozirgi zamon bozor iqtisodiyoti. Hozirgi davrda real hayotda bozor iqtisodiyoti sof bozor mexanizmi va rejali iqtisodiyot unsurlarini mujassamlashtiradi. Mulkchilikning har xil shakllari, tadbirkorlikning turli yo'nalishlari mavjud bo'ladi, unda rejalashtirish, prognozlash, aholini sosial himoyalash kuchayadi. Masalan, AQSh iqtisodiyoti hozirgi davrda oldingi erkin bozor iqtisodiyotdan sezilarli farq qiladi. Bu farqlar quyidagilarda ko'rinadi.

Birinchidan, mulkning bir qismi davlat qo'lida bo'lib, u iqtisodiyotda faol rol o'ynaydi. Bu iqtisodiyotning barqarorligi va o'sishi uchun sharoit yaratishda, bozor tizimi yetarli darajada ishlab chiqarmaydigan yoki umuman yetkazib bermaydigan ayrim tovarlar va xizmatlar bilan ta'minlashda, daromadlar taqsimlanishini o'zgartirishda va shu kabilarda namoyon bo'ladi. Ikkinchidan, sof kapitalizmdan farq qilib amerika iqtisodiyotiga yirik korporasiyalar va kuchli kasaba uyushmalari shaklidagi qudratli iqtisodiy tashkilotlar mavjud.

Bu yerda, shuni alohida ta'kidlash lozimki, xususiy mulkchilik va bozor tizimiga suyanish, ijtimoiy mulkchilik va markazdan rejalashtirish har doim ham bir vaqtda mavjud bo'lmazligi mumkin. Masalan, sobiq millatchi Germaniya iqtisodiyoti avtoritar kapitalizm deb atalgan, chunki mulkchilik xususiy bo'lib qolsada, mamlakat iqtisodiyoti qattiq nazorat ostiga olingan va markazdan boshqarilgan. Buning teskarisi, bozor sosializmi deb atalgan sobiq socialistik Yugoslaviya iqtisodiyotida resurslarga ijtimoiy mulkchilik xos bo'lgan va bir vaqtda iqtisodiy faoliyatni tashkil qilish va boshqarishda erkin bozor asosida olib borilgan. Shvesiya iqtisodiyotida ham 90%dan ortiq xo'jalik faoliyati xususiy firmalarda to'plangan bo'lsada, davlat iqtisodiy barqarorlikni ta'minlash va daromadlarni qayta taqsimlashda faol qatnashadi. Hozirgi vaqtda Xitoy Xalq Respublikasida davlatning markazlashgan holda iqtisodiyotga aralashuvi va rejalashtirish tizimi saqlanib qolgan holda bozor mexanizmlari muvaffaqiyat bilan qo'llanilib, barqaror va tez sur'atlar bilan iqtisodiy o'sishga erishmoqda.³

Iqtisodiyotni ekonometrik modellashtirishning zarurligi iqtisodiy hodisalar va jarayonlarning rivojlanish jarayonini o'rganishni amalga oshiradi. Ekonometrik modellar yordamida iqtisodiy jarayon va hodisalarning sabab va oqibatlari tahlil qilinadi. Ekonometrik modellar yordamida iqtisodiy jarayon va hodisalarda qatnashayotgan omillar orasidagi bog'liqlik, o'zaro ta'siri, bir-biridan uzoqlashishi, farqi va uyg'unligi batafsil tahlil qilinadi. Buning uchun omillar o'rnatidagi bog'lanish formula yordamida aniqlashtiriladi va prognoz qilinadi, boshqacha qilib aytganda oldindan bashorat qilinadi.⁴

³ https://vaqt.ucoz.com/publ/iqtisod_va_moliya/i_tisodij_tizimlar_va_ularning_turli_model-lari/28-1-O-1186

⁴ https://vaqt.ucoz.com/publ/iqtisod_va_moliya/i_tisodij_tizimlar_va_ularning_turli_model-lari/28-1-O-1186

1.2. EKONOMETRIK MODEL, STOXASTIK MODEL, STATIK MODEL VA DINAMIK MODELLAR TO'G'RISSIDA TUSHUNCHA. EKONOMETRIK MODELLARNI YARATISH SHARTLARI

Ilmiy izlanishlarda modellashtirish qadimgi zamonlardan oq qo'llanila boshlandi va asta sekin ilmiy bilimlarning qurilish va arxitektura, astranomiya, fizika, kimyo, biologiya va nihoyat, ijtimoiy fanlar kabi tabora yangi sohalarini qamrab ola boshladi. Birinchi matematik modellar F.Kene, A.Smit (klassik makroiqtisodiy model), D.Rikardo (xalqaro savdo modeli) tomonidan ishlatilgan. XX asr zamonaviy fanning amalida barcha sohalarida modellashtirish usuliga katta muvaffaqiyatlar va obro'-e'tibor keltirdi.

Turli iqtisodiy hodisalarni o'rganish uchun ularning iqtisodiy modellar deb ataluvchi soddalashtirilgan formal tasvirlaridan foydalaniladi iste'mol tanlovi modellari, firma modellari, iqtisodiy o'sish modellari, tovar va moliya bozorlaridagi muvo-zanat modellari va boshqa ko'p modellar iqtisodiy modellarga misol bo'ladi.

Moddiy modellar asosan o'rganilayotgan ob'ekt va jarayonni geometrik, fizik, dinamik yoki funksional tavsiflarini ifodalaydi. Masalan, ob'ektning kichiklashtirilgan maketi (masalan, litsey, kollej, universitet) va turli xil fizik, kimyo va boshqa xildagi maketlar bunga misol bo'la oladi. Bu modellar yordamida turli xil texnologik jarayonlarni optimal boshqarish, ularni joylashtirish va foydalanish yo'llari o'rganiladi. Umuman olganda, moddiy modellar tajribaviy xarakterga ega bo'lib, texnika fanlarida keng qo'llaniladi.

Iqtisodiy-matematik model - bu iqtisodiy ob'ektlar yoki jarayonlarni tahlil qilish yoki boshqarish maqsadida ularning matematik tasvirlanishi, ya'ni iqtisodiy masalaning matematik yozuvi. Iqtisodiy ob'ektning matematik modeli - bu uning funksiyalar, tenglamalar, tengsizliklar, mantiqiy munosabatlar, grafiklar majmuasi ko'rinishidagi aks ettirilishi. Iqtisodiy-matematik usullar (IMU) iqtisodiyotni o'rganish uchun birlashtirilgan iqtisodiy va matematik fanlarning uyushmasidir. Bu tushuncha fanga XX asrning 60-yillarida akademik V.S.Nemchinov tomonidan kiritilgan. Elementlaridan biri iqtisodiy-matematik usullar bo'lgan qarorlarni qabul qilish tizimi ijodiy yondashuvni talab etuvchi xo'jalik muammolarining to'la korsatkichini qamrab olishi kerak. Iqtisodiy-matematik modellar turli asoslarga ko'ra tasniflanadi. Amaliy maqsadiga ko'ra iqtisodiy-matematik modellar iqtisodiy jarayonlarning umumiy xususiyatlari va qonuniyatlarini tadqiq qilishda ishlatiladigan nazariy analitik modellarga va tayinli iqtisodiy masalalarni yechish da qo'llaniladigan amaliy modellar (iqtisodiy tahlil, bashoratlash, boshqarish modellari)ga bo'linadi. Iqtisodiy-matematik modellar iqtisodiyotning turli tomonlari (xususan, uning ishlab chiqarish-texnologik, ijtimoiy, hududiy tuzilmalari)ni va uning alohida qismlarini tadqiq qilish uchun mo'ljallanishi mumkin.

Ekonometrikaga kirish - iqtisodiyotdagi miqdoriy qonuniyatlar va o'zaro bog'liqliklarni matematik statistika usullari yordamida tadqiq qiluvchi fan. Bu usullarning asosi - korrelyatsion-regression tahlil. Ekonometrika empirik ma'lumotlarni o'rganish asosida iqtisodiy bog'liqliklar va modellarni statistik baholash va tahlil qilish bilan shug'ullanadi. Iqtisodiy o'lchash - tom ma'noda ekonometrikani anglatadi.

Ekonometrik modellar matematik statistika va ehtimollar nazariyasi tushunchalariga asoslangan holda yaratilishi stoxastik ekonometrik modellashtirish deyiladi. Ko'p ekzogen o'zgaruvchilardan foydalanib tuzilgan ekonometrik modellashtirish determinantlashgan ekonometrik modellashtirish deyiladi.

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 imkonini 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.

Determinallashgan omilli tahlilda o'rganilayotgan obyekt-ning modeli xo'jalik obyektlari va davrlari bo'yicha o'zgarmaydi (chunki, mos keluvchi asosiy kategoriyalarning nisbati barqarordir). Alohida xo'jaliklar yoki bir xo'jalikni turli, alohida davrlardagi faoliyatlari natijalarini qiyoslash zamriyati tug'ilganida model asosida aniqlangan miqdoriy analitik natijalarni qiyoslash haqida savol tug'ilishi mumkin. Stoxastik tahlilda modelning o'zi empirik ma'lumotlar to'plami asosida tuzilgani uchun, haqiqiy modelni hosil qilishning asosi bo'lib barcha dastlabki kuzatishlar bo'yicha bog'lanishlarning miqdoriy xarakteristikalarini mos kelishi hisoblanadi. Bundan kelib chiqadiki, ko'rsatkichlarning qiymatini o'zgarishi hodisalarni bir xildagi aniqlik chegarasida amalga oshirish kerak.

Stoxastik tushunchasi grekcha "stochastikos" so'zidan olingan bo'lib, topish yo'lini biladi degan ma'noni anglatadi. Stoxastik tahlil - statistik yo'l bilan baholanadigan turli xildagi masalalarni hal etish usulidir. Mazkur usul ko'p turdagi empirik ko'rsatkichlar hamda ularning o'zgarishini to'g'ridan-to'g'ri aloqada bo'lmagan, o'zaro bog'lanmagan va shartlanmagan omillar ta'sirida sodir bo'lishini modellashtirish yo'li bilan o'rganadi.

Stoxastik bog'liqlik ko'rsatkichlar o'rtasida tasodifan amal qiladi. Bir-biriga bog'liq bo'lmagan holda muayyan ko'rsatkichni o'zgarishi boshqa ko'rsatkichlarning o'zgarishiga ta'sir qiladi. Stoxastik model qurilishi asosida o'rganilayotgan iqtisodiy ko'rsatkichlarni bir-biriga to'g'ridan-to'g'ri bog'liq bo'lmagan holatdagi o'zgarishlari o'rtasidagi qonuniy aloqasini hamda tebranishlarini umumlashtirish yotadi.

Korxonaning hisob tizimidagi iqtisodiy tahlilida stoxastik modellashtirishni qo'llash uchun uning faoliyati yalpi kuzatish imkoniyati mavjud bo'lishi kerak. Modellashtirish matematik-statistik usullar bilan amalga oshiriladi. Bu tartib xo'jalik faoliyatidagi ko'rsatkichlarni, ularni keltirib chiqargan omillar va sharoitlarni e'tiborga olgan holda, sabab-oqibati bo'yicha aloqalarni tadqiq qilish imkonini beradi. Iqtisodiy tahlilda determinallashgan modelni mazkur holatlar bo'yicha amalga oshirish har doim ham mumkin emas.

Matematik-statistik usullardan foydalanish bu borada maxsus tajribalar o'tkazishlarni keskin kamaytiradi. Stoxastik modellashtirish va o'rganilgan ko'rsatkichlarning o'rtasidagi o'zaro bog'liqlik korrelatsiya usulidagi tahlildan boshlanadi.

Stoxastik bog'lanish tushunchasi va korrelyatsion tahlil vazifasi o'tgan savolda determinatsiyalangan omillar tahlili masalasini echish usuli ko'rildi. Biroq amaliyotdan ma'lumki, iqtisodiy ko'rinish va jarayonlarining hammasi ham bu usul bo'yicha o'rganilmaydi. Shu bilan birga, ko'p hollarda ularni funksional bog'lanishga keltirib bo'lmaydi. Iqtisodiy tadqiqotlarda taxminiyligi va noma'lumligi bilan ajralib turuvchi stoxastik bog'liqliklar tez-tez uchraydi. Ular faqat katta miqdordagi obyektlar (kuzatuvlar)dagina namoyon bo'ladi. Bu yerda har bir omil ko'rsatkichiga (argumentning) bir nechta natijaviy ko'rsatkichlar (funksiyaning) qiymati mos kelishi mumkin. Masalan, ishchilarning mehnat jamg'armasining oshirilishi turli korxonalarda mehnat unumdorligini, hatto, tenglashtirilgan boshqa vaziyatlarda ham turlicha o'sishiga olib keladi. Buni mehnat unumdorligiga bog'liq barcha omillar o'zaro bog'liq holda ta'sir qilishi bilan tushuntirish mumkin. Optimallik daajasi bo'yicha turli omillarning birikmasi ularning har birining natijaviy ko'rsatkichlar kattaligiga ta'sir darajasiga bog'liq.

Agar ko'p miqdordagi kuzatuvlar (obyektlar) tadqiqot uchun olinib va ularning miqdorlari taqqoslansa, o'rganilayotgan omillar va natijaviy ko'rsatkichlar orasidagi bog'lanish namoyon qilinadi. Keyin esa, ko'p miqdorlar qonuniga mos holda, natijaviy ko'rsatkichlarga boshqa omillarning ta'siri tekislanadi, neytrallanadi. Bu esa tadqiq

qilinayotgan hodisalarning o'zaro bog'lanish imkoniyatini beradi. Shunday qilib, korrelyatsion (stoxastik) bog'lanish - bu juda ko'p kuzatuvlardagina namoyon bo'ladigan ko'rsatkichlar orasidagi to'liq bo'lmagan, taxminiy bog'lanishdir. Juft va ko'p omilli korrelyatsiyalar farqlanadi. Juft korrelyatsiya - bu bittasi omilli, boshqasi natijaviy bo'lgan ko'rsatkichlar orasidagi bog'lanishdir.

Ko'p omilli korrelyatsiya esa natijaviy ko'rsatkichlar bilan bir nechta omillarning o'zaro ta'siri natijasida kelib chiqadi. Stoxastik bog'lanishni o'rganish uchun quyidagi iqtisodiy tahlil usullari: parallel va dinamik qatorlarni taqqoslash, analitik guruhlash, grafiklar qo'llaniladi. Biroq, ular faqat bog'lanishning yo'nalishi va xarakterini namoyon qilish imkoniyatini beradi. Omilli tahlilning asosiy vazifasi - har bir omilning natijaviy ko'rsatkich darajasiga ta'sir me'yorini aniqlashdir. Shu maqsadda korrelyatsion, dispersion, komponentli, diskriminantli, zamonaviy ko'p o'lchamli omillar tahlili va h.k. usullar qo'llaniladi. Iqtisodiy tadqiqotlarda kengroq qo'llaniladigan usul korrelyatsion tahlil hisoblanib, u ko'rsatkichlar orasidagi o'zaro bog'lanishni sonli ifodalash imkonini beradi.

Korrelyatsion tahlilni qollashning zaruriy shartlari: - o'rganilayotgan omillar va natijaviy ko'rsatkichlar haqida tanlanadigan ma'lumotlarning yetarlicha ko'pligi (dinamikada yoki joriy yil uchun bir turdagi obyektlarning majmui); - o'rganilayotgan omillar sonli o'lchamda bo'lishi va axborotning u yoki bu manbaida aks etishi.

Korrelyatsion tahlilni qo'llash quyidagi masalalarni ye-chish imkonini beradi:

1) bir yoki bir nechta omillar ta'siri ostida bo'lgan natijaviy ko'rsatkichlar o'zgarishini aniqlash (absolyut o'lchamda), ya'ni omillarning birlikka o'zgarishida natijaviy ko'rsatkich kattaligi necha birlikka o'zgarganini aniqlash;

2) har bir omildan natijaviy ko'rsatkichning nisbiy bog'lanish darajasini o'rnatish. Korrelyatsion bog'lanishlarni o'rganish tahlilda katta ahamiyatga ega. Bu omilli tahlilning chuqurlashayotganida, o'rganilayotgan ko'rsatkichlar darajasining shakllanishida har bir omilning ahamiyati va uni aniqlanayotganligida, o'rganilayotgan holat to'g'risidagi bilimlarning chuqurlashayotganligida, ularning rivojlanish qonuniyatlari va nihoyada aniq isbotlangan rejalarining aniqlanayotganligida, korxona faoliyati natijalari obyektivroq baholanayotganligida va ichki xo'jalik zahiralarini to'laroq aniqlanayotganligida namoyon bo'lmoqda.

Ekonometrik modellarni yaratish shartlari. Bozor iqtisodiyoti sharoitida firmalarning raqobatbardosh mahsulotlar ishlab chiqarishi uchun xom-ashyo materiallarini tanlash, tarmoqlararo mahsulotlarni ayrboshlashda o'zaro manfaatdorlikka

erishish, ishlab chiqarishni optimallashtirish, tovar va mahsulot-larga soliqlarni ilmiy asoslangull holda joriy etish hamda ishlab chiqarishni boshqarish va boshqarish masalalari dolzarb masalalardan hisoblanib, ularni yechimini topishda iqtisodiy matematik usullar va modellardan foydalanish katta samara beradi. Ushbu masalalardan kelib chiqib, mazkur shartlar amaliyotda sinalgan tarmoqlararo balans modeli, iste'mol tanlovi modeli, ishlab chiqarish va uni optimallashtirish modellari, soliqlarni o'zgarishi bilan soliq yukini taqsimlash va qo'shimcha tushumlarni aniqlash modeli hamda ekonometrik modellar va iqtisodiy matematik usullarni o'z ichiga qamrab olgan.

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 (chiziqli) modellashni misollari. Ekonometrik izlanishlarda hodisa va jarayonlarni stoxastik modellashning quyidagi matematik-statistika usullarini qo'llash topilgan: ko'rsatkichlar o'rtasidagi bog'lanishlar va korrelyatsiyani baholash; bog'lanishlarni statistik mohiyatligini baholash; regressiya tahlili; iqtisodiy ko'rsatkichlarning davriy tebranishi, parametrlarini aniqlash; ko'p o'lchamli kuzatishlarni guruhlash; dispersiya tahlili; zamonaviy omilli (komponent) tahlili; transformatsiya tahlili. Korxonalarning xo'jalik faoliyatini tahlil qilish uslubiyatiga matematik-statistika usullarini kiritish zaruriyati ushbu usullar yordamida echiylayotgan miqdoriy (statistik) masalalarning mohiyatidan kelib chiqadi.

Modellarni tadqiq qilinayotgan iqtisodiy jarayonlar va muammolar mazmuni bo'yicha tasniflashda butun iqtisodiyot modellari (makroiqtisodiy modellar)ni va uning quyi tizimlari - tarmoqlar, hududlar va hokazolarning modellari, ishlab chiqarish, iste'mol, daromadlarni shakllantirish va taqsimlash, mehnat resurslari, baholarni shakllantirish, moliyaviy aloqalar va shu kabilar modellarining majmualari (mikroiqtisodiy modellar)ni ajratib ko'rsatish mumkin. Tuzilmaviy modellar ob'ektlarning ichki tuzilishi, tarkibiy qismlari, ichki parametrlarini, ular orasidagi o'zaro bog'liqliklarni ifodalaydi. Iqtisodiyot miqyosidagi tadqiqotlarda ko'proq tuzilmaviy modellar qo'llaniladi, chunki quyi tizimlarning o'zaro bog'liqliklari rejalashtirish va boshqarish uchun katta ahamiyatga ega. O'ziga xos tuzilmaviy modellar sifatida tarmoqlararo aloqalar modellarini olish mumkin. Funksional modellar iqtisodiy boshqarishda keng qo'llaniladi, bunda ob'ektning holati

(«chiqish»)ga «kirish»ni o'zgartirish yo'li bilan ta'sir ko'rsatiladi. Iste'molchilarning tovar-pul munosabatlari sharoitidagi xatti-harakatlari modeli bunga misol bo'la oladi. Aynan bir ob'ekt bir vaqtning o'zida ham tuzilmaviy, ham funksional model bilan tasvirlanishi mumkin. Masalan, alohida tarmoq tizimini rejalashtirish uchun tuzilmaviy modeldan foydalaniladi, iqtisodiyot miqyosida esa har bir tarmoq funksional model bilan ifodalanishi mumkin.

Determinirlangan modellar model o'zgaruvchilari orasidagi qat'iy funksional bog'lanishlar borligini nazarda tutadi. Stoxastik modellar tadqiq qilinayotgan ko'rsatkichlarga tasodifiy ta'sirlarning borligiga yo'l qo'yadi hamda ularni tasvirlash uchun ehtimollar nazariyasi va matematik statistikaning vositalaridan foydalanadi.

Statik modellarda barcha bog'lanishlar vaqtning tayinli payti yoki davriga tegishlidir. Dinamik modellar iqtisodiy jarayonlarning vaqt bo'yicha o'zgarishini tavsiflaydi. Qaralayotgan vaqt davrining uzunligiga qarab bashoratlash va rejalashtirishning qisqa muddatli (bir yilgacha), o'rta muddatli (5 yilgacha), uzoq muddatli (10-15 va undan ko'proq yilgacha) modellari farqlanadi. Iqtisodiy-matematik modellarda vaqtning o'zi yo uzluksiz, yo diskret ravishda ta'sir qilishi mumkin. Iqtisodiy jarayonlarning modellari matematik bog'lanishlarning shakli bo'yicha juda xilma-xildir.

Muayyan davrdagi turli ijtimoiy-iqtisodiy hodisalarni ta'riflash va tahlil qilish uchun ushbu jarayonlarni vaqtga ko'ra (dinamikada) tavsiflovchi ko'rsatkichlar va usullar qo'llaniladi. Adabiyotlarda dinamik qator va vaqtli qator tushunchasidan foydalaniladi. "Dinamik qator" tushunchasi tor ma'noda - omilning o'sish (pasayish) tendensiyasiga ega bo'lgan yo'naltirilgan o'zgarishi sifatida talqin etiladi. Vaqtli qator deganda muayyan tendensiyaga ega bo'lishi shart bo'lmagan darajalar qator, ya'ni qandaydir ko'rsatkich darajalarining statistik izchilligi tushuniladi. Shunday qilib, "Vaqtli qator" - ancha umumiy tushuncha. Bunday qator qandaydir ko'rsatkich darajalari ketma-ketligining ham dinamik, ham statistik tarkibiy qismini o'z ichiga oladi.

Biroq adabiyotlarda ko'pincha "dinamik qator" atamasi qo'llaniladi.

Dinamik qator - bu ketma - ket (solnomaviy tartibda) joylashgan statistik ko'rsatkichlar qator bo'lib, ularning o'zgarishi o'rganilayotgan hodisaning muayyan tendensiyasiga ega.

Dinamik qator lag tarkibiy qismini o'z ichiga oladi.

Ayniqsa tahlil va hisoblashlar uchun eng qulay bo'lib, shu tufayli keng tarqalgan chiziqli modellar sinfini ajratib ko'rsatish

muhimdir. Chiziqli va chiziqli bo'lmagan modellar orasidagi farqlar nafaqat matematik nuqtai nazardan, balki nazariy-iqtisodiy jihatdan ham muhimdir, chunki iqtisodiyotdagi ko'p bog'lanishlar aniq chiziqli bo'lmagan tabiatga ega: ishlab chiqarish o'sganda resurslardan foydalanish samaradorligi, ishlab chiqarish ko'payganda yoki daromadlar o'sganda aholi talabi va iste'molning o'zgarishi va h.k. Iqtisodiyot modellari fazoviy omillar va shartlarni o'z ichiga olishiga qarab fazoviy va nuqtaviy modellar farqlanadi.

Shunday qilib, iqtisodiy-matematik modellarning umumiy tasnifi o'ndan ortiq asosiy belgilarni o'z ichiga oladi. Iqtisodiy-matematik tadqiqotlarning rivojlanishi bilan qo'llanilayotgan modellarni tasniflash muammosi murakkablashadi. Yangi turlar (ayniqsa aralash turlar)dagi modellarning va ularni tasniflash yangi belgilarining paydo bo'lishi bilan bir qatorda har xil turdagi modellarning murakkabroq qurilmalarga birlashishi jarayoni amalga oshadi. Iqtisodiy-matematik usullardan matematik iqtisodiyotda va ekonometrikada qo'llaniladigan usullarni alohida ajratib ko'rsatish lozim. Matematik iqtisodiyot - iqtisodiy fanning iqtisodiy jarayonlar matematik modellarining xossalari va yechimlarini tahlil qilish bilan shug'ullanadigan bo'limidir. Matematik iqtisodiyotda tayinli formal asoslar (chiziqlilik, qavariqlik, monotonlik va shu kabi bog'liqliklar, kattaliklar o'zaro bog'liqligining konkret formulalari)ga asoslangan nazariy modellar tadqiq qilinadi. Matematik iqtisodiyotning vazifasi model yechimining mavjudligi, uning nomanfiyligi, stasionarligi shartlari, boshqa xossalarning borligi haqidagi muammoni o'rganishdir.

1.3. EKONOMETRIK MODELLARNING STATISTIK BAZASI. BOZOR MUNOSABATLARI SHAROITIDA IQTISODIY KO'RSATKICHLARNING TAHLILI VA PROGNOZIDA EKONOMETRIK MODELLARDAN FOYDALANISH

Iqtisodiy jarayonlar dinamikasini aks ettirish mohiyatiga ko'ra statik va dinamik modellar mavjud.

Statik modellar o'zida vaqtning ayrim, qayd qilingan oralig'ini qamrab oladi. Dinamik model vaqtning izchil oraliq tizimi holatini aks ettiradi. O'zgaruvchan xarakterga ko'ra, boshlang'ich iqtisodiy ishlab chiqarish omillari yoki aralash omillarni o'z ichiga olgan modellarni ko'rsatish mumkin.

Ishlab chiqarishning boshlang'ich omillari deganda, keyinchalik taqsimlab bo'lmaydigan oddiy omillar, masalan, resurslar xarajati - jonli mehnat, vosita, mehnat qurollari tushuniladi.

Modelning tuzilishiga qarab, ularni modelga turli o'lchov birligi (natural, qiymat) va turli aniqlik darajasi bilan kiritish mumkin. Bunday holda ularning boshlang'ich xarakteri saqlanadi.

Quyidagi modellar turi boshlang'ich va ishlab chiqarish omillarining turli kombinatsiyalarini beradi:

a) ishlab chiqarish natijalarining boshlang'ich resurslar xarajati darajasi va tarkibiga hamda ishlab chiqarish ehtiyojlari sharoitiga bog'liqligini aniqlaydigan to'liq modellar;

b) ishlab chiqarish ehtiyojlari sharoiti obyektlari guruhi yoki vaqt bo'yicha barqaror hisoblangan paytlarda qo'llanila-digan «vazifalar - mahsulot ishlab chiqarish» modeli;

c) ishlab chiqarish texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlar o'rta-sidagi o'zaro va boshlang'ich ishlab chiqarish omillari bilan aloqalarini aniqlovchi turli xil modellar.

Modellar o'zgaruvchanligiga ko'ra, umumiy va xususiy modellarga bo'linadi. Umumiy model o'lchanadigan alomat-larning barchasini hamda o'rganilayotgan ishlab chiqarish jarayonining bir tomonini, masalan, tabiiy sharoit belgilarini qisman o'z ichiga oladi. Alomatlarning barchasini o'z ichiga olgan model bilan xususiy (masalan, faqat tabiiy sharoit omillari) modelni taqqoslab, ishlab chiqarish tabiiy iqlim omillarining ta'siri qaysi vaqtda ko'proq, qaysi vaqtda kamroq bo'lishini aniqlash mumkin.

Umumiylik darajasi bo'yicha iqtisodiy ko'rsatkichlar xususiy tizimidagi farqlarni ajrata bilish lozim. Birinchi xil modellar mustaqil foydalanish, ikkinchi xil modellar esa qandaydir tizimdagi modellarning organik tarkibiy qismi hisoblanadi va ularni qo'llash xususiyatlarini aniqlaydi.

Tasniflashning mana shu turiga modellarning bir sathli, pog'onali va ko'p sathli bo'linishi ham kiradi. Ayrim hollarda ishlab chiqarish boshlang'ich omillarining katta sonlarni hisobga olish va xususiy texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlar orqali ularni samaradorlikning umumiy sintetik ko'rsatkichlariga ta'sirini tekshirish xususiyati bilan ikkinchi sxema ustun turadi.

Pog'onali, ko'p sathli modellar faqat turli darajadagi iqtisodiy aloqalarni aks ettirish uchun tuzilmay, balki turli davrlarga mansub bo'lgan iqtisodiy ko'rsatkichlarni modellash-tirish bilan aniqlash uchun ham tuziladi.

Modellarni tuzilishi bo'yicha tasniflash jarayonini modellar yordamida ifodalash va boshlang'ich axborotdan foydalanish xarakteri alomati bo'yicha tasniflashdan iborat. Birinchi xil alomat

(belgi) bo'yicha ikki xil statistik modellarni ko'rsatish mumkin. Ular bashoratlarni tavsiflash va tushuntirish modellaridir.

Tavsiflash modellari - o'zgaruvchan o'zaro aloqalarni eng yaxshi tarzda tavsiflaydigan regressiyalarni tenglashtirish modeli hisoblanadi. Bunday hollarda modellar parametri mazmundor ma'noga ega bo'lmaydi. Mazkur parametrlar qiymatini belgilashda approksimatsiya, ya'ni tavsiflanayotgan o'zgaruvchan kirish bilan tavsiflanayotgan chiqish o'rtasidagi statistik muvofiqlik barqarorlik vazifalari hal eiladi.

Tavsiflash modellari tuzish paytida ko'pincha belgilangan muddatdagi iqtisodiy ko'rsatkichlarning aralashma faktlaridan foydalaniladi. Bunday hollarda ko'rsatkichlar harakatidagi ketma-ketlik va aloqalar mavjudligi to'g'risidagi statistik ma'lumotlar tadqiqotchilarni qiziqtiradi.

Ko'pincha tavsiflash modellari tuzish vaqtida iqtisodiy ko'rsatkichlarning aralash faktlaridan foydalaniladi. Bunday hollarda tadqiqotchilarni dalil sifatida tanlab olingan ko'rsatkichlar funksiyalarning o'zgarishiga sabab bo'lgan yoki bo'lmaganligi haqidagi statistik dalil qiziqtiradi. Tushuntirish - bashoratlash modeli parametrlarini baholashda aynan tenglash-tirish masalasi hal qilinadi. Masalaning mohiyati qandaydir to'g'ri keladigan statistik usullar yordamida chuqur ma'noli farazlar asosida tuzilgan tenglamalarning noma'lum parametrlarini qidirib topishdan iborat. Binobarin, identifikatsiya masalalarining approksimatsiya masalalaridan farqi shundaki, unda oldindan o'zgaruvchan bog'lanish tarkibi berilgan bo'ladi.

Bozor muvozanati holatida resurslarning taqsimlanishi samaralimi yoki yo'qmi, bunda umumiy yutuq maksimal qiymatga erishadimi degan savolga javob axtarish uchun uni tahlil qilamiz.

Sof raqobatga asoslangan bozorni kuzatishlarga asoslanib quyidagi xulosalarni qilish mumkin:

1. Erkin raqobat bozorlari taklif qilinayotgan mahsulotlarni ularni narxidan qimmatroq baholaydigan xaridorlar o'rtasida taqsimlaydi (ularni pulini to'lashga tayyorliklari bilan aniqlanadi), qolgan potensial xaridorlarga nisbatan.

2. Erkin bozorlar ishlab chiqarish xarajatlari past bo'lgan yetkazib beruvchilarning mahsulotlariga talabni shakillantiradi.

3. Erkin bozorlar shunday miqdorda mahsulot ishlab chiqaradiki, ular iste'molchilar va ishlab chiqaruvchilarning umumiy yutuqlarini maksimallaydi.

Talab chizig'i xaridorlar uchun mahsulotning qimmatligini ifodalaydi, taklif chizig'i esa – ishlab chiqaruvchilarning xarajatlarini. Muvozanat darajasidan past bo'lgan ishlab chiqarish hajmda xaridor uchun mahsulotning qimmatligi ishlab chiqarish xarajatlaridan ortiq bo'ladi. Bu sohada ishlab chiqarishning o'sishi umumiy yutuqni ortishiga olib keladi va bu ortish ishlab chiqarilayotgan mahsulotning miqdori muvozanat darajasiga erishmagunicha davom etadi. Ishlab chiqarishning muvozanat-dan yuqori bo'lgan hajmda mahsulotning qimmatligi xaridor uchun ishlab chiqaruvchining xarajatlaridan pastdir.

Shunday qilib, muvozanat hajmdan ortiq mahsulotni ishlab chiqarish umumiy yutuqni qisqarishiga olib keladi.

Erkin bozor faoliyati natijalari haqida yuqorida qilingan hulosalar shuni ko'rsatadiki, talab va taklifning muvozanati iste'molchilar va ishlab chiqaruvchilarning yutuqlarini yig'indisini maksimallaydi.

Boshqacha qilib aytganida, resurslarning samarali aloqasi bozor muvozanatining natijasidir. Erkin bozor sharoitida shakllanadigan bozor narxining o'zi xaridor va sotuvchilarning xarakatlarini iqtisodiy resurslarni shunday taqsimlanishiga yo'naltiradiki, buning natijasida umumiy yutuq maksimal-lashadi.

1.4. EKONOMETRIK MODELASHTIRISH. EKONOMETRIK MODELARDAGI O'ZGARUVCHILAR. EKONOMETRIK TENGLAMALAR TIZIMI. ANIQ IQTISODIY OBYEKTAR

Ekonometrik model – bu ehtimollik-stoxastik model. Bu model yordamida iqtisodiy ko'rsatkichlarni o'zgarish qonuniyat-larini matematik ko'rinishida tenglamalar, tengsizliklar va tenglamalar tizimi ko'rinishda ifodalash mumkin. Umumiy ko'rinishida ekonometrik model quyidagicha yoziladi:

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

Ekonometrik modelda Y – asosiy **endogen ko'rsatkich**, modelda Y o'zgarish qonuniyatlarini $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ yordami-da o'rganish mumkin.

$(x_1, x_2, \dots, x_n)$ – ta'sir etuvchi, **ekzogen ko'rsatkichlar**.⁵

Ekonometrik modelda fiktiv ko'rsatkichlar qatnashishi mumkin. Fiktiv ko'rsatkichlar – bu sifatli ko'rsatkichlar miqdoriy ko'rsatkichlarga o'tkazilgan ko'rsatkichlar.

Ekonometrik model chiziqli va chiziqsiz ko'rinishda tuzilishi mumkin.

Chiziqsiz modellar parabola, giperbola, darajali funksiya, ko'rsatkichli funksiya, trigonometrik funksiya va boshqalar ko'rinishida bo'lishi mumkin.

Tuzilgan ekonometrik modelning haqiqiyliги to'plangan ma'lumotlar hajmiga; ma'lumotlarning aniqlik darajasiga; tadqiqot-chining malakasiga; modellastirish jarayoniga; yechiladigan masalaning xarakteriga bog'liq.

Ekonometrik modellastirish vazifalari quyidagilardan iborat:

1. Tajriba ma'lumotlaridan foydalangan holda izohlangan qismni aniqlash.

2. Tasodifiy kattalik sifatida tarkibiy qismni taqsimlash parametrlarini baholash.

Ekonometrik model ekonometrikaning asosiy vositasi hisoblanib, iqtisodiy hodisalar va obyektlarni tahlil va prognoz qilish uchun muljallangan. Shu munosabat bilan barcha ekonometrik modellarni shartli ravishda uchta sinfga ajratish mumkin.

Ekonometrik modellar sinflari quyidagilarni o'z ichiga oladi:

1. Bir tenglamali regression modellar. Natijaviy belgi, omilli belgilarda funksiya ko'rinishida ifodalanadi.

2. Bir vaqtli tenglamalar tizimi. Ayniyatlar va ularga omilli belgilar bilan bir qatorda tizimning boshqa tenglamalaridan natijali belgilar kiritilgan regression tenglamalardan tarkib topgan. Ya'ni, tenglamalar tizimida bir o'zgaruvchilar bir vaqtning o'zida bir tenglamalarda tobe uzgaruvchilar sifatida va boshqa tenglamalarda mustaqil o'zgaruvchilar sifatida ko'rib chiqiladi. Ayniyatlarda parametrlar turi va qiymatlari ma'lum, tenglamalarda parametrlar baholanadi.

3. Vaqt qatorlari modellari. Natijaviy belgi vaqt o'zgaruvchisi kattaligining yoki boshqa vaqt davrlariga taalluqli bo'lgan o'zgaruvchilar funksiyasi hisoblanadi.

1.5. BOG'LANISHLARNI IQTISODIY TALQIN QILISH. BOG'LIQ VA BOG'LIQ BO'LMAGAN O'ZGARUVCHILAR. EKONOMETRIK MODELASHTIRISH BOSQICHLARI

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.

⁵Gujarati D.N. Basic Econometrics. McGraw-Hill, 4th edition, 2003 (Gu), Inc. – p. 29

Birinci 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.

Omialarning 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 omialarning 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.

Omialarning o'zaro bog'lanishi 3 turga bo'linadi: statistik bog'lanish, funksional bog'lanish va korrelyatsion bog'lanish.

Yunalishlarning o'zgarishiga karab, 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 chiziksiz bog'lanishlar.

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

Ekonometrik modellarni tuzish bir qancha bosqichlardan tashkil topadi.

Ekonometrik modellash tirish bosqichlari quyndagilardan iborat:

1-bosqich. Tadqiqot maqsadini shakllantirish (tadqiqot obyektni tahlil qilish, prognoz, rivojlanishining imitatsiyasi,

boshqaruv qarori va h.k.), modelning iqtisodiy o'zgaruvchilarini aniqlash.

2-bosqich. O'rganilayotgan iqtisodiy hodisani tahlil qilish: modellash tirish boshlangunga qadar ma'lum bo'lgan axborotni shakllantirish.

3-bosqich. Iqtisodiy modelning turi aniqlanadi, o'zgaruvchilar o'rtasidagi o'zaro bog'liqlik matematik shaklda ifodalanadi, modelning dastlabki shartlari va cheklovlari ifodalanadi.

4-bosqich. Zarur statistik axborotlar to'planadi.

5-bosqich. Model statistik tahlil qilinadi, uning parametrlari sifati baholanadi.

6-bosqich. Modelning haqiqiyliqi tekshiriladi, tuzilgan model real iqtisodiy hodisaga qanchalik mos kelishi aniqlanadi.

Ta'kidlash lozimki, bir tadqiqot doirasida hal etiladigan vazifalar doirasi qanchalik keng bo'lsa, samarali natija olish imkoniyatlari shunchalik kam bo'ladi.

Yuqorida sanab o'tilgan bosqichlar bir-biri bilan chambarchas bog'liq va biri ikkinchisini to'ldirib, yagona maqsadni amalga oshirish uchun xizmat qiladi.

Shuni eslatib o'tish kerakki, masalani kompyuterda yechish uchun standart dastur bo'lishi kerak, agar unday dastur bo'lmasa, uni ma'lum algoritmlar asosida tuzish zarur.

Muhokama uchun savollar

1. *Ekonometrika fanining maqsadi nimalardan iborat?*
2. *Ekonometrik modellash tirishning zarurligi?*
3. *Ekonometrikani qo'llanish sohalari tushuntirib bering?*
4. *Ekonometrik modellash tirish usullari tasnifi qanday?*
5. *Ekonometrik modellarni tuzish bosqichlarini aytib bering?*
6. *Iqtisodiy model so'zini tushuntirib bering?*
7. *Iqtisodiy-matematik modellarga ta'rif bering?*
8. *«Model» tushunchasiga ta'rif bering?*
9. *Ekonometrik modellarni tuzish bosqichlarini tushuntirib bering.*
10. *Korrelyatsiya so'zi qanday ma'noni bildiradi?*
11. *Korrelyatsion tahlil deganda nimani tushunasiz?*

II BOB

EKONOMETRIK MODELLARNING AXBOROT TA'MINOTI



2.1. IQTISODIY MA'LUMOTLARNING STATISTIK TABIATI. IQTISODIY MA'LUMOTLARNI QAYTA ISHLASH

Iqtisodiy jarayonlarni vaqt davomida o'zgarishini o'rganish muhim ahamiyatga ega. Chunki barcha iqtisodiy jarayonlar va hodisalar vaqt davomida o'zgaruvchan bo'ladi. Iqtisodiyotda barcha iqtisodiy jarayonlarni iqtisodiy-statistik modellar orqali o'rganish natijasida u yoki bu iqtisodiy ko'rsatkichning hozirgi holati va kelajakdagi o'zgarishini ilmiy asosda tahlil qilish va bashoratlash mumkin bo'ladi.

Iqtisodiy-statistik model iqtisodiy jarayonlarni matematik va statistik usullar asosida jarayonning holati, xususiyatlari va mohiyatini matematik formulalar, tenglamalar, tengsizliklar va belgilar bilan aniq ifodalanishidir.

Iqtisodiy-statistik modelashtirish usuli - bozor iqtisodiyoti sub'yektlarining iqtisodiy faoliyati tahlili va istiqbolini takomillashtirishga qaratilgan tadbirlardan biridir.

Iqtisodiy-statistik modelashtirish iqtisodiy ko'rsatkichlar va ishlab chiqarish omillari o'rtasidagi aloqalar o'z mohiyatiga ko'ra stoxastik bo'lgan asosga tayanadi. Iqtisodiy sub'yektlar faoliyatini statistik modelashtirish zamon va makonda ularning rivojlanish jarayonini o'rganishda asosiy o'rin egallaydi. Bu modellar ishlab chiqarish tendensiyalari va qonuniyatlarini aniqlash uchun moslashgandir. Hatto eng takomillashgan statistik model ham iqtisodiy hodisa va jarayonlarning butun aloqadorligini qamrab olishga qodir emas. Shunga ko'ra, iqtisodiy tahlil va iqtisodiy-statistik modelashtirishni qo'llashda har doim noaniqlik elementlari mavjud bo'ladi. Odatda, iqtisodiy-statistik modelashtirishni qo'llash samaradorligining asosiy shartlaridan biri uning real ko'rinish va jarayonga aynan mos kelishi hisoblanadi.⁶

Iqtisodiy-statistik modelashtirishni noaniq bo'lishligining sabablari quyidagi hollarda sodir bo'lishi mumkin:

1. Axborotli - axborotning xatoligi, uning ko'rsatkichlari, omillar va obyektlar majmuining noaniqligi.
2. Tarkibiy - aniqlanmagan xilma-xilliklarning mavjudligi.
3. Modelli - ko'rsatkichlar va dalillar o'rtasida bog'lanish shakllaridan noto'g'ri foydalanish.

Iqtisodiy-statistik kuzatuvlar olib borilganda, texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlar ko'rinishidagi, materiallar oqimidagi axborotlarga duch kelamiz. Shu nuqtai nazardan, ishlab chiqarishga - kirish axborotini, chiqish axborotiga o'zgartirgich sifatida qaraladi.

⁶ <http://www.genderi.org/ozbekiston-respublikasi-oliy-va-orta-maxsus-talim-vazirligi-to-v5.html?page=40>

Ekonometrik modellarni tuzishda muhim bosqichlaridan biri modelda qatnashadigan omillar va ko'rsatkichlarni tanlashdir. Ko'p hollarda o'rganilayotgan ko'rsatkichlarga juda ko'p omillar ta'sir etmoqda. Shu jumladan, ularning hammasi modelda qatnashishi mumkin emas yoki iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq emas.

Ko'rsatkichlar va omillarni to'liq qator sifatida quyidagicha tasvirlash mumkin:

$$y = f(x_1, \dots, x_k / x_{k+1}, \dots, x_m / x_{m+1}, \dots, x_n)$$

Birinchi omillar guruhi $(x_1, x_2, \dots, x_k)$ - bu modelga kiritiladigan o'zgaruvchilar. Ikkinchi omillar guruhi $(x_{k+1}, x_{k+2}, \dots, x_m)$ - modelda qatnashmaydi, lekin ulardan har biri tadqiqotchi tomonidan kuzatilayotgan statistik jamlanmada u yoki bu qiymatlarda nazorat qilinadi. Uchinchi omillar guruhi $(x_{m+1}, x_{m+2}, \dots, x_n)$ - tasodifiy o'zgaruvchilar, ular tadqiqotchi tomonidan nazorat qilinmaydi, lekin y ning o'zgarishiga ta'sir etmoqda.

Agar birinchi guruhga soni bo'yicha ko'p bo'lmagan, lekin ning o'zgarishiga kuchli ta'sir qilgan omillar kirsam, ushbu ekonometrik model ahamiyatli deb hisoblanadi.

Bundan tashqari, qolgan omillardan ko'proq soni 2 chi guruhga va kamroq soni 3 chi guruhga kirgani maqsadga muvofiqdir.

2.2. BOG'LIQ VA BOG'LIQ BO'LMAGAN O'ZGARUVCHILARNI TANLASH. NATIJAVIY KO'RSATKICH VA TA'SIR ETUVCHI OMILLAR

Hodisalar orasidagi o'zaro bog'lanishlarni o'rganish ekonometrikaga kirish fanining muhim vazifasidir. Bu jarayonda ikki xil belgilar yoki ko'rsatkichlar ishtirok etadi, biri erkli o'zgaruvchilar, ikkinchisi erksiz o'zgaruvchilar hisoblanadi. Birinchi toifadagi 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, paxta yoki bug'doyga suv, mineral o'g'itlar va ishlov berish natijasida ularning hosildorligi oshadi. Bu bog'lanishda hosildorlik natijaviy belgi, unga ta'sir etuvchi kuchlar (suv, o'g'it, ishlov berish va h.k.) omil belgilardir yoki iste'molchining daromadi ortib borishi natijasida uning tovar sotib olishga bo'lgan talabi oshadi. Bu bog'lanishda talabning ortishi natijaviy belgi, unga ta'sir etuvchi omil, ya'ni daromad esa omil belgidir.

Omllarning 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'lumdur. Shuning uchun bunday bog'lanishlar to'liqsiz hisoblanadi va ularni formulalar orqali taqriban ifodalash mumkin, xolos.

Umumiy holda qaralsa, korrelyatsion munosabatda erkin o'zgaruvchi X belgining har bir qiymatiga $(x_i, i = \overline{1..k})$ erksiz o'zgaruvchi Y belgining $(y_j, j = \overline{1..s})$ taqsimoti mos keladi. O'z-o'zidan ravshanki, bu holda ikkinchi Y belgining har bir qiymati (y_j) ham birinchi X belgining (x_i) taqsimoti bilan xarakterlanadi. Agar to'plam hajmi katta bo'lsa, belgi X va Y larning juft qiymatlari x_i va y_j ham ko'p bo'ladi va ulardan ayrimlari tez-tez takrorlanishi mumkin. Bu holda korrelyatsion bog'lanish kombinatsion jadval (korrelyatsiya to'ri) shaklida tasvirlanadi.

Bog'lanishlar to'g'ri chiziqli va egri chiziqli 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 $\hat{y}_x = a_0 + \sum_{i=1}^k a_i x_i$ 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.

Ifodasi to'g'ri chiziqli tenglama bo'lmagan bog'lanish egri chiziqli bog'lanish deb ataladi. Xususan,

$$\text{parabola } \tilde{y} = a_0 + a_1 x + a_2 x^2$$

$$\text{giperbola } \tilde{y} = a_0 + \frac{a_1}{x}$$

darajali $\tilde{y} = a_0 x_1^{a_1} \cdot x_2^{a_2} \cdot \dots \cdot x_n^{a_n}$ va boshqa ko'rinishlarda ifodalanadigan bog'lanishlar egri chiziqli bog'lanishga misol bo'la oladi.

2.3. ENDOGEN VA EKZOGEN OMILLAR. FIKTIV O'ZGARUVCHILAR. OMILLI VA NATIJAVIY BELGILAR

Modellashtirishning ko'p maqsadli usul sifatida boshqa usullarga qaraganda afzalliklari mavjud. Ushbu afzalliklar esa quyidagilardan iborat:

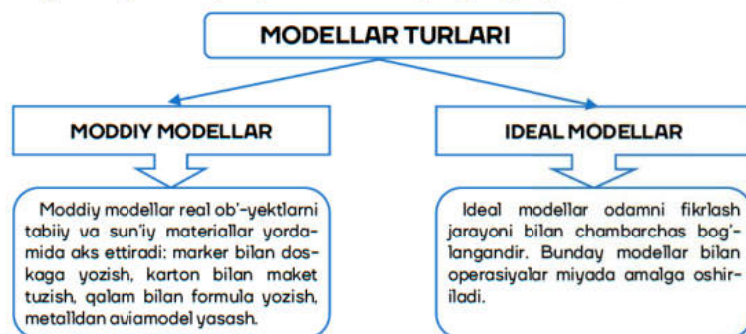
I. Avvalo, modellashtirish katta va murakkab tizimni oddiy model yordamida ifodalashga imkoniyat beradi. Masalan, ishlab chiqarish va xo'jalik yuritish bu o'ta murakkab tizimdir. Uni oddiy qora yashik sxemasi orqali ifodalash mumkin.

II. Model tuzilishi bilan kuzatuvchiga eksperimentlar qilish

uchun keng maydon tug'iladi. Modelning parametrlarini bir necha marta o'zgartirib, obyektni faoliyatini eng optimal holatini aniqlab, undan keyin hayotda qo'llash mumkin. Real obyektlar ustida eksperiment qilish ko'plab xatolarga va katta xarajatlarga olib kelishi mumkin.

III. Model, noshakl tizimni, matematik formulalar yordamida shakllantirishga imkoniyat beradi va dastur yordamida tizimni boshqarishga yordam beradi.

IV. Modellashirish o'rganish va bilish jarayonini kengaytiradi. Model hosil qilish uchun obyekt har tomonlama o'rganiladi, tahlil qilinadi. Model tuzilganidan so'ng, uning yordamida obyekt to'g'risida yangi ma'lumotlar olish mumkin. Shunday qilib, obyekt to'g'risidagi bilish jarayoni to'xtovsiz jarayonga aylanadi.



2.1.-rasm. Modellar turlari

Ekonometrik model – bu ehtimolli-stoxastik model. Bu model yordamida iqtisodiy ko'rsatkichlarni o'zgarish qonuniyatlarini matematik ko'rinishida tenglamalar, tengsizliklar va tenglamalar tizimi ko'rinishida ifodalash mumkin. Umumiy ko'rinishida ekonometrik model quyidagicha yoziladi:

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

Ekonometrik modelda Y – asosiy **endogen ko'rsatkich yoki natijaviy belgi**, modelda Y o'zgarish qonuniyatlarini $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ yordamida o'rganish mumkin.

$(x_1, x_2, \dots, x_n)$ – ta'sir etuvchi **yoki omilli belgi, ekzogen ko'rsatkichlar**.⁷

⁷Gujarati D.N. Basic Econometrics. McGraw-Hill, 4th edition, 2003(Gu),Inc. – p.29

Ekzogen o'zgaruvchilar odatda (**X**) sifatida belgilanadi. Ular avvaldan aniqlangan va endogen (**Y**) o'zgaruvchilarga ta'sir etuvchi lekin ularga bog'liq bolmagan o'zgaruvchilar.

Ekonometrik modelda fiktiv ko'rsatkichlar qatnashishi mumkin. Fiktiv ko'rsatkichlar – bu sifatli ko'rsatkichlar miqdoriy ko'rsatkichlarga o'tkazilgan ko'rsatkichlar.

Miqdoriy va sifat o'zgaruvchilarini o'z ichiga olgan modellar ancha keng tarqalgan. Bunday modellar ANCOVA modellari (kovariatsiya tahlil modellari) deb nomlanadi.

Agar fiktiv o'zgaruvchida ikkita alternativa bo'lsa, ANCOVA modelini ko'rib chiqamiz.

Bitta miqdoriy va bitta sifat o'zgaruvchisiga ega bo'lgan eng oddiy model shakliga ega:

$$\tilde{y} = a + bx + gz$$

Bu yerda $\tilde{y}$ – *firma xo dim ining ish haqi*, x – *ishstaji*,

$$z = \begin{cases} 0, & \text{xo dim ayol bo'lsa;} \\ 1, & \text{xo dim erkak bo'lsa.} \end{cases}$$

z – fiktiv o'zgaruvchi.

Ekonometrik model chiziqli va chiziqsiz ko'rinishda tuzilishi mumkin.

Chiziqsiz modellar parabola, giperbola, darajali funksiya, ko'rsatkichli funksiya, trigonometrik funksiya va boshqalar ko'rinishida bo'lishi mumkin.

Tuzilgan ekonometrik modelning haqiqiyli to'plangan ma'lumotlar hajmiga; ma'lumotlarning aniqlik darajasiga; tadqiqotchining malakasiga; modellashirish jarayoniga; yechiladigan masalaning xarakteriga bog'liq.

2.4. EKONOMETRIK MODELLARNI TUZISHGA BO'LGAN TALABLAR. OMILLAR O'LCHOV BIRLIGINI TANLASH

Korrelyatsion va regression tahlilni qo'llash vaqtida, omillarni tanlab olish va ulardan modellarda foydalanish hamda baholashdagi asosiy qoidalar quyidagilardan iborat:

1. Omillarni o'rganish bilan qamrab olinadigan ro'yxat chegaralangan, omillar esa nazariy asoslangan bo'lishi lozim.

2. Modelga kiritilgan barcha omillar miqdor o'zgarishlarga ega bo'lishi kerak.

3. Tadqiq qilayotgan to'plam sifatli bir jinsli bo'lishi lozim.

4. Omillar o'zaro funksional bog'lanmasliklari shart.

5. Kelajakda omillar o'zaro ta'sirini ekstrapolyasiya qilish uchun modellardan foydalanilayotgan vaqtda xarakter jiddiy o'zgarishligi, statistik mustahkam va barqaror bo'lishi lozim.

6. Regression tahlilda har bir omilning (x) qiymatiga bir xil regressiyali natijaviy o'zgaruvchi (y) taqsimoti normal yoki yaqin darajada mos kelish lozim.

7. O'rganilayotgan omillar tadqiq etilgan, natijaviy ko'rsatkichli, mantiqan davriy bo'lishi lozim.

8. Natijaviy ko'rsatkichga jiddiy ta'sir ko'rsatadigan faqat muhim omillar ta'sirini ko'rib chiqish lozim.

9. Regressiya tenglamalariga kiritilgan omillar soni katta bo'lmashligi lozim. Chunki omillar sonining katta bo'lishi, asosiy omillardan chetga olib kelishi mumkin. Omillar soni kuzatishlar sonidan 3-5 marta kam bo'lishi kerak.

10. Regressiya tenglamasining omillari turli xil xatolar ta'sirida buzilishga olib keladigan xatoliklar bo'lmashligi kerak. Omillar o'rtasida funksional yoki shunga yaqin bog'lanishlarning mavjudligi - multikollinearlik borligini ko'rsatadi.

11. Kuzatuvlar sonini oshirish uchun ularning makonda takrorlanishidan foydalanish mumkin emas. Makonda hodisalarning o'zgarishi avtoregressiyani vujudga keltirishi mumkin. Avtoregressiya esa statistikadagi mavjud o'zgaruvchilar o'rtasidagi bog'lanishni ma'lum darajada buzadi. Shuning uchun ko'rsatkichlar dinamik qatorlarida regression bog'lanishni o'rganish statistikadagi bog'lanishni o'rganishdan tubdan farq qiladi.

12. Har bir omil bo'yicha taqsimot normal taqsimotga ega bo'lishi shart emas. Bu regression tahlilni natijaviy, alomatli qiymat va tasodifsiz qiymatli omillar o'rtasidagi bog'lanishni ifodalovchi sifatida ta'riflashdan kelib chiqadi.

13. Omillarni natural birlikda o'lchashda nisbiy qiymatlarga nisbatan ortiqroq ko'rish lozim. Nisbiy qiymatlar o'rtasidagi korrelyasiya, regressiya tenglamasi parametrlari qiymati bog'lanish mazmunini buzishi mumkin.

Demak, **ekonometrik modellarga qo'yiladigan asosiy talablar :**

- 1) *Modelda kuzatilayotgan y ning o'zgarishiga kuchli ta'sir qilayotgan asosiy omillar qatnashishi kerak;*
- 2) *Barcha bog'liq bo'lmagan x omillar asosiy bog'liq bo'lgan omil y bilan zich bog'langan bo'lishi kerak;*
- 3) *Bog'liq bo'lmagan x o millar o'zaro sust (kuchsiz) bog'langan bo'lishi kerak.*

Iqtisodiy jarayonlar dinamikasini aks ettirish mohiyatiga ko'ra, statik va dinamik modellar mavjud.

Modelda omillarning o'lchov birligi bir xil yoki mazmunan bo'zilmashligi shart.

2.5. DASTLABKI AXBOROTNI SHAKLLANTIRISH. VAQTLI QATORLAR VA FAZOVIIY MA'LUMOTLARNING FARQLARI. PANEL MA'LUMOTLARI

Yoshlarda axborot olish madaniyatini shakllantirish g'oyat xilma-xil «axborot bosimi» tarkibidan milliy taraqqiyot manfaatlariga mos, ijobiy tomonlarini to'g'ri tanlab olishni ta'minlaydi. Shu nuqtai-nazardan qaraganda, yoshlarda axborot olish madaniyatini shakllantirishda nimalarga e'tibor qaratish kerak, degan muhim masalaga oydinlik kiritib olish kerak bo'ladi. Bu quyidagilarda o'z ifodasini topadi:

◆ axborot olish va uni tasarruf etishda axborotning mazmun-mohiyatiga, uning haqiqiy ekanligi, qaysi omillarga asoslanganligi va qanday maqsadda tarqatilayotganligi g'oyasiga asoslanganligiga e'tibor qaratish;

◆ axborotni qanday natija berishi haqida aniq tasavvurga ega bo'lish, uni tahlil qilish, ijobiy va salbiy tomonlarini aniqlab, so'ngra muayyan bir xulosaga kelish;

◆ axborotga ongli, yuksak tafakkur bilan yondashish va uni kerak hollarda sintez qilish, salbiy fikrlarga qarshi, axloqiy-ruhiy sharoitlar yaratish;

◆ axborotda ijobiy fikrlarni jonlantirish, targ'ib etishda milliy qadriyatlarga asoslanish. Bu ishni aniq tarixiy vaziyat bilan, rivojlantirish uchun davom etayotgan ichki va tashqi sharoitlar bilan muttasil bog'lab olib borish;

◆ mavjud axborotlarda jamiyatdagi ilmiy g'oyalarning xilma-xilligini saqlagan holda, fuqarolarning o'z fikrini erkin ifoda etishi va uni himoya qilishga ziyor yoki tazyiq o'tkazmaslik;

◆ yoshlarning axborot olish madaniyatini hisobga olib, undan samarali foydalanish, bajariladigan ishlarning ta'sirchanligini puxta nazorat qilib turish orqali, jamiyatda mustahkam barqarorlikni ta'minlashga erishish kerak.

Ekonometrikaning asosiy masalalaridan biri - o'rganilayotgan hodisalarning makonda o'zgarish va rivojlanish jarayonini tadqiq qilishda vaqt qatorlarini tuzish va tahlil qilish yo'li bilan hal etiladi.

Iqtisodiy hodisalarning makonda vaqt o'zgarish jarayonida ko'rsatkichlarni ifodalayotgan sonlar ketma-ketligi vaqt qatori yoki 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 aniqliqlarni qayta ishlashga to'g'ri keladi. Iqtisodiy vaqtli qator farq qiluvchi xususiyatlarini quyidagicha ko'rsatish mumkin:

a) berilgan sharoitda kuzatilayotgan jarayonni qayta kuzatish mumkin emas;

b) odatda kuzatilayotgan qatorlar, kuzatilayotgan tanlanma hajmiga ko'ra juda chegaralangan bo'ladi.

Ekonometrik model qurishda ikki turdagi ma'lumotlardan foydalanish mumkin:

- ma'lum bir vaqtdagi turli xil ob'ektlarni tavsiflovchi ma'lumotlar to'plami;
- bitta ob'ektni turli vaqt ketma-ketligida tavsiflovchi ma'lumotlar.

Bu ma'lumotlardan, asosan, kuzatilayotgan jarayon yoki muammoni tahlil qilish hamda uning matematik modelini qurish uchun foydalaniladi. Birinchi turdagi ma'lumotlar bo'yicha qurilgan modellar **fazoviy modellar** deyiladi. Ikkinchi turdagi ma'lumotlar asosida qurilgan modellar esa **vaqt qatorlari modeli** deyiladi.

Panel ma'lumotlari vaqt ma'lumotlarining umumlashtirilishi yoki kombinatsiyasi hisoblanadi. Panel ma'lumotlarining namunasi har yili yig'iladigan korxonalarning iqtisodiy faoliyatining ko'rsatkichlari bo'lishi mumkin. Bu holda, biz ma'lumotlar bir qator olish, qaysi bir vaqtning o'zida bir hil ob'ektlar haqida ma'lumotlarni o'z ichiga oladi, va turli davrlarda bir iqtisodiy o'zgaruvchining ketma-ket qiymatlari. Biroq, agar korxonalar har yili turli xil bo'lsa, unda bunday ma'lumotlar panelga ega bo'lmaydi.

Muhokama uchun savollar

1. Iqtisodiy-statistik modellash tirish usuli nimani bildiradi?
2. Endogen ko'rsatkich haqida nimalarini bilasiz?
3. Ekzogen ko'rsatkich haqida nimalarini bilasiz?
5. Bog'liq va bog'liq bo'lmagan o'zgaruvchilarni tanlash qanday amalga oshiriladi?
6. Korrelyatsion va regression tahlilni qo'llash vaqtida, omillarni tanlab olish va ulardan modellarda foydalanish hamda baholashdagi asosiy qoidalar nimalardan iborat?
7. Ekonometrik modellarga qo'yiladigan asosiy talablar nimalardan iborat?
8. Vaqtli qatorlar deganda nimani tushunasiz?
9. Fazoviy modellar deganda nimani tushunasiz?
10. Panel ma'lumotlar deganda nimani tushunasiz?

III BOB

EKONOMETRIKADA EHTIMOLLAR NAZARIYASINING VA MATEMATIK STATISTIKANING ASOSIY TUSHUNCHALARI



3.1. ASOSIY TUSHUNCHALAR. TO'PLAM TO'G'RSIDA TUSHUNCHA. BOSH, TANLAMA, CHEKLANGAN, CHEKSIZ TO'PLAMLAR. TO'PLAM BIRLIGI, ELEMENTI, KUZATISH, VARIATSION QATOR

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

To'plamning quyidagi turlari mavjud:

- asosiy;
- tanlama;
- cheklangan;
- cheksiz.

Tanlanma to'plam, yoki oddiy qilib, tanlanma deb tasodifiy ravishda barcha ob'ektlar majmuidan tanlab olingan obyektlar to'plamiga aytiladi.

Bosh to'plam deb tanlanma ajratilgan obyektlar majmuiga aytiladi.

To'plamda qatnashayotgan ob'ektlar uning elementlari deyiladi.

Elementlar soni chegaralangan to'plam chekli to'plam deyiladi.

Elementlar soni chegaralanmagan to'plam cheksiz to'plam deyiladi.

Masalan, 2000 ta detal dan tekshirish uchun 150 ta detal olingan bo'lsa, u holda bosh to'plam hajmiga $N=2000$, tanlanma hajmi esa $n=150$ bo'ladi.

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 turlari:

- sonli;
- son bilan ifodalab bo'lmaydigan.

Variatsiya - belgining o'zgarishidir.

Varianta - o'zgaruvchi belgining konkret ifodasi. Variantalar 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* tuzgam bo'lamiz.

Tanlanmaning har bir elementi varianta, to'plamdagi ob'ektlar yoki elementlar soni to'planning hajmi deyiladi. Tartiblangan tanlanma variatsion qator deb ataladi.

3.2. TASODIFIY MIQDOR TO'G'RISIDA TUSHUNCHA. DISKRET TASODIFIY MIQDORLAR. GISTOGRAMMA. UZLUKSIZ TASODIFIY MIQDORLAR. MATEMATIK KUTILISH. CHASTOTA, ABSOLYUT MIQDOR, NISBIY CHASTOTA

Tajribalar natijasida tasodifiy qiymatlarni ma'lum bir ehtimollar bilan qabul qiluvchi o'zgaruvchi miqdorga *tasodifiy miqdor* (t.m.) deyiladi. Tasodifiy miqdorning barcha mumkin bo'lgan qiymatlarini natural sonlar bilan nomerlab chiqish mumkin bo'lsa, bunday tasodifiy miqdorlarga *diskret tasodifiy miqdorlar* (d.t.m.) deyiladi.

Tasodifiy miqdorni X, Y, Z – harflarining biri bilan belgilaymiz. X t.m.ning qabul qiladigan qiymatlarini $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ ($n = 1, 2, 3, \dots$) ko'rinishda belgilaymiz.

Tasodifiy miqdorning mumkin bo'lgan qiymatlari biror (ixtiyoriy) sonli oraliqni tashkil etsa bunday tasodifiy miqdorga *uzluksiz tasodifiy miqdor* (u.t.m.) deyiladi.

Tasodifiy miqdorlarga misollar keltiramiz: 1) X – tavakkaliga olingan mahsulotlar ichida sifatdan sizlari soni; 2) $Y - n$ ta o'q uzilganda nishonga tekkanlari soni; 3) Z – asbobning to'xtamasishlash vaqti; 4) $U - [0, 1]$ kesmadan tavakkaliga tanlangan nuqtaning koordinatalari; 5) V – bir kunda tug'iladigan chaqaloqlar soni va h.k.

Endi tasodifiy miqdorni qat'iy ta'rifini keltiramiz.

Ta'rif. Ω elementar hodisalar fazosida aniqlangan X sonli funksiya tasodifiy miqdor deyiladi, agar har bir ω elementar hodisaga $X(\omega)$ conni mos qo'ysa, ya'ni $X = X(\omega)$, $\omega \in \Omega$.

Masalan, tajriba tangani 2 marta tashlashdan iborat bo'lsin. Elementar hodisalar fazosi

$\Omega = \{\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4\}$, $\omega_1 = GG$, $\omega_2 = GR$, $\omega_3 = RG$, $\omega_4 = RR$ bo'ladi.

X – gerb chiqishlari soni bo'lsin, u holda X tasodifiy miqdor qabul qiladigan qiymatlari: $X(\omega_1) = 2$, $X(\omega_2) = 1$, $X(\omega_3) = 1$, $X(\omega_4) = 0$.

Talabalar ichida 25 ta o'g'il bolalar soni 0,1,2,...,25 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,b) oraliqqa tegishlidir.

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

$$M(X) = x_1 p_1 + x_2 p_2 + \dots + x_n p_n = \sum_{i=1}^n x_i p_i, \quad (3.1)$$

Matematik kutilishning xossalari.

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

$$M(C) = C \quad (3.2)$$

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

$$M(CX) = CM(X) \quad (3.3)$$

3-xossa. Ikki erkli X va Y tasodifiy miqdorlar ko'paytmasining matematik kutilishi ularning matematik kutilishlari ko'paytmasiga teng:

$$M(XY) = M(X)M(Y) \quad (3.4)$$

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

$$M(X + Y) = M(X) + M(Y) \quad (3.5)$$

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

$$\mu_k = M(X^k) \quad (3.6)$$

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

3.2.1-masala. Taqsimlanishi quyidagi ko'rinishga ega bo'lgan X tasodifiy miqdorning matematik kutilishini hisoblang.

X	0	1	2	3
p	0	1/5	3/5	1/5

Yechish. X tasodifiy miqdorning matematik kutilishini hisoblash

$$M(X) = x_1 p_1 + x_2 p_2 + \dots + x_n p_n = \sum_{m=1}^n x_m p_m$$

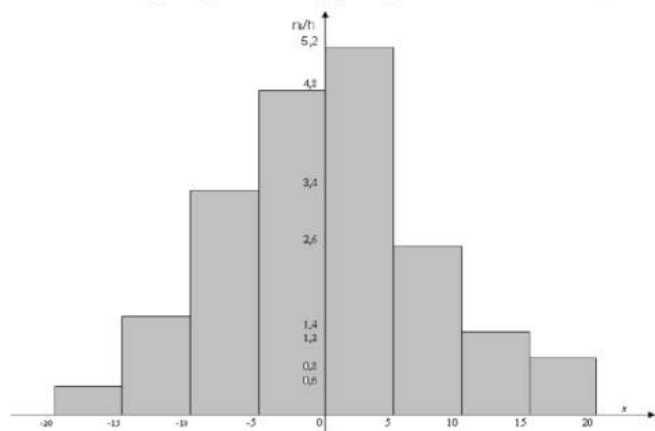
formulasiga ko'ra

$$M(X) = 0 \cdot 0 + 1 \cdot \frac{1}{5} + 2 \cdot \frac{3}{5} + 3 \cdot \frac{1}{5} = \frac{1+6+3}{5} = 2$$

bo'ladi. Shunday qilib, X t.m.ning m.k.i $M(X) = 2$ ga teng.

Ta'rif. Chastotalar gistogrammasi deb asoslari oraliq uzunligi h ga teng bo'lgan va balandliklari $\frac{n_i}{h}$ bo'lgan to'g'ri to'rtburchaklardan tuzilgan shaklga aytiladi.

Chastotalar gistogrammasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:



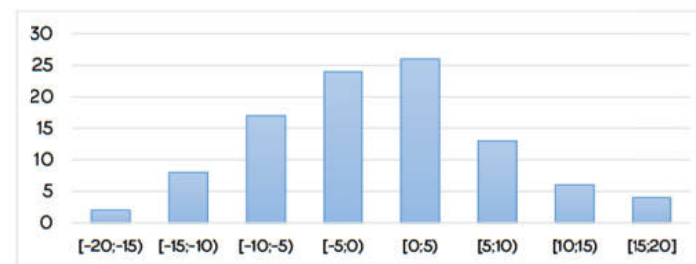
Hosil bo'lgan figuraning yuzasi n ga teng, chunki

$$\frac{n_i}{h} \cdot h = n_i, \quad n_1 + n_2 + \dots + n_k = n.$$

3.2.2-masala. Ma'lum masofa 100 marta o'lchanganda yo'l qo'yilgan xatolar quyidagilardan iborat:

GURUHLAR	[-20;-15]	[-15;-10]	[-10;-5]	[-5;0]	[0;5]	[5;10]	[10;15]	[15;20]
Guruhlardagi xatolar soni	2	8	17	24	26	13	6	4
Nisbiy chastotalar	0,02	0,08	0,17	0,24	0,26	0,13	0,06	0,04

Statistik majmuaning grafik tasviri gistogramma deyiladi. Uni qurish uchun tasodifiy miqdorning qiymatlar sohasi uzunligi h ga teng bo'lgan k ta oraliqlarga bo'linadi va kuzatishlarning har bir oraliqqa tushgan sonlari aniqlanadi. Masalan, n_i – soni i – oraliqqa tushgan kuzatishlar soni bo'lsin, u holda $n_1 + n_2 + \dots + n_k = n$.



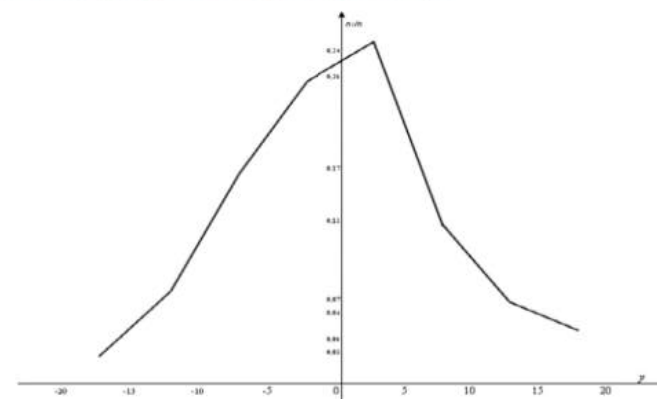
1-rasm. Guruhlardagi xatolar soni

Ta'rif. Nisbiy chastotalar gistogrammasi deb asoslari h bo'lgan, balandliklari $\frac{w_i}{h}$ bo'lgan to'rtburchaklardan tuzilgan pog'onali figuraga aytiladi. Bu holda hosil bo'lgan figura yuzasi 1 ga teng.

Ta'rif. Tekislikda $\left(y_1, \frac{n_1}{n}\right), \left(y_2, \frac{n_2}{n}\right), \dots, \left(y_k, \frac{n_k}{n}\right)$ nuqtalarni siniq chiziqlar bilan birlashtirishdan hosil bo'lgan figura nisbiy chastotalar poligoni deyiladi.

3.2.3-masala. Masofa 100 marta o'lchanganda hosil bo'lgan xatolarning nisbiy chastotalar gistogrammasini yasang. Buning uchun 3.2.1-misoldagi jadvaldan foydalanamiz.

Yuqoridagi rasmdan ko'rinib turibdiki, nisbiy chastotalar gistogrammasi xatolar taqsimotining zichlik funksiyasiga yaqin bo'ladi. Bu yaqinlik yanada aniqroq bo'lishi talab qilinsa, nisbiy chastotalar poligonidan foydalangan ma'qul.



2-rasm. Nisbiy chastotalar

Ixtiyoriy statistik qator yordamida empirik (yoki tanlanma) taqsimot funksiyasi aniqlanishi mumkin.

Taqsimotning empirik funksiyasi (tanlanmaning taqsimot funksiyasi) deb, ixtiyoriy x soni uchun ($X < x$) hodisaning nisbiy chastotasini aniqlaydigan

$$F^*(x) = \frac{n_x}{n}$$

funksiyaga aytiladi. Bu yerda n_x x – dan kichik variantalar soni, n – tanlanma hajmi.

Empirik taqsimot funksiyasi quyidagi xossalarga ega:

1. Empirik fuhsiyasining qiymatlari $[0,1]$ kesmada yotadi:

$$0 \leq F^*(x) \leq 1, \quad x \in (-\infty, +\infty).$$

2. Empirik fuhsiyasi argument o'sganda kamaymaydi:

$$x_1 \leq x_2 \text{ da } F^*(x_1) \leq F^*(x_2).$$

3. x_i -tanlanmaning barcha mumkin bo'lgan qiymatlari (a,b) oroliqda yotsa, u holda

$$x \leq a \text{ da } F^*(x) = 0$$

va

$$x \geq b \text{ da } F^*(x) = 1.$$

Ta'rif. X tasodifiy miqdorning $F(x)$ taqsimot funksiyasi $\forall x \in R$ son uchun quyidagicha aniqlanadi:

$$F(x) = P\{X < x\} = P\{\omega : X(\omega) < x\}.$$

Taqsimot funksiya quyidagi xossalarga ega:

1. $F(x)$ funksiya chegaralangan: $0 \leq F(x) \leq 1$.

2. $F(x)$ kamaymaydigan funksiya, ya'ni agar $x_1 < x_2$ bo'lsa, u holda $F(x_1) \leq F(x_2)$.

3. $F(-\infty) = \lim_{x \rightarrow -\infty} F(x) = 0, \quad F(+\infty) = \lim_{x \rightarrow +\infty} F(x) = 1$.

4. $F(x)$ funksiya chapdan uzluksiz, ya'ni $\lim_{x \rightarrow x_0-0} F(x) = F(x_0)$.

Diskret tasodifiy miqdor taqsimot funksiyasi quyidagicha ifodalanadi:

$$F(x) = \sum_{x_i < x} p_i.$$

3.2.4-masala. O'simlikning gullari soni kuzatilib, quyidagi tanlanma taqsimoti olingan:

x_i	1	4	6
n_i	10	15	25

Uning empirik funksiyasi tuzilsin.

Yechish. Tanlanmaning hajmini topamiz:

$$n = 10 + 15 + 25 = 50.$$

Eng kichik variantga birga teng, demak empirik funksiyaning 3 – xossasiga ko'ra $x \leq 1$ bo'lganda $F^*(x) = 0$ bo'ladi. $1 < x \leq 4$ dagi x – lar uchun ($X < x$) hodisaning nisbiy chastotasi

$$F^*(x) = \frac{10}{50} = 0,2$$

bo'ladi. Haqiqatdan 50 marta kuzatishlarda 4 dan kichik variantalar soni 10 marta kuzatilgan. Xuddi shuningdek $4 < x \leq 6$ dagi x – lar uchun ($X < x$) hodisaning nisbiy chastotasi

$$F^*(x) = \frac{25}{50} = 0,5$$

bo'ladi. Chunki 50 marta kuzatishlarda 6 dan kichik variantalar soni 25 marta kuzatilgan.

Endi, $x = 6$ eng katta variantga bo'lganligi sababli empirik funksiyaning 3 – xossasiga ko'ra $x > 6$ bo'lganda

$$F^*(x) = 1$$

bo'ladi.

Izlanayotgan empirik funksiyani topilganlarga asoslanib yozamiz:

$$F^*(x) = \begin{cases} 0, & \text{agar } x \leq 1, \\ 0,2, & \text{agar } 1 < x \leq 4, \\ 0,5, & \text{agar } 4 < x \leq 6, \\ 1, & \text{agar } x \geq 6. \end{cases}$$

Diskret va uzluksiz tasodifiy miqdorlar taqsimotlarini berishning universal usuli ularning taqsimot funksiyalarini berishdir. Taqsimot funksiya $F(x)$ orqali belgilanadi.

3.2.5- masala . X tasodifiy miqdorning taqsimot gunksiyasi topilsin.

X	0	1	2
P	$\frac{7}{15}$	$\frac{7}{15}$	$\frac{1}{15}$

Yechish. Agar $x \leq 0$ bo'lsa, $F(x) = P\{X < 0\} = 0$,

agar $0 < x \leq 1$ bo'lsa, $F(x) = P\{X < 1\} = P\{X = 0\} = \frac{7}{15}$,

agar $1 < x \leq 2$ bo'lsa, $F(x) = P\{X = 0\} + P\{X = 1\} = \frac{7}{15} + \frac{7}{15} = \frac{14}{15}$,

agar

$$x > 2$$

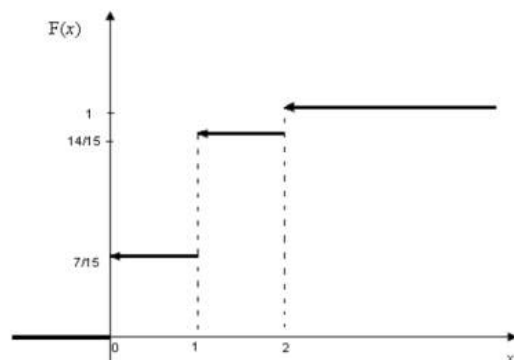
bo'lsa,

$$F(x) = P\{X=0\} + P\{X=1\} + P\{X=2\} = \frac{7}{15} + \frac{7}{15} + \frac{1}{15} = 1.$$

Demak,

$$F(x) = \begin{cases} 0, & \text{azap } x \leq 0, \\ \frac{7}{15}, & \text{azap } 0 < x \leq 1, \\ \frac{14}{15}, & \text{azap } 1 < x \leq 2, \\ 1, & \text{azap } x > 2. \end{cases}$$

$F(x)$ taqsimot funksiya grafigi quyidagi rasmda keltirilgan:



3.3. TASODIFIY MIQDORNING DISPERSIYASI. TASODIFIY MIQDORNING STANDART CHETLANISHI

Faraz qilaylik, X tasodifiy miqdor, $M(X)$ uning matematik kutilishi bo'lsin.

1- ta'rif. X tasodifiy miqdor bilan uning matematik kutilishi orasidagi farqqa $X - M(X)$ chetlanish deyiladi.

Teorema. Chetlanishning matematik kutilishi nolga teng.

Isbot. Haqiqatdan,

$$M[X - M(X)] = M(X) - M(M(X)) = M(X) - M(X) = 0.$$

3.3.1-masala. Diskret tasodifiy miqdor taqsimot qonuni bilan berilgan.

X	2,5	4,2	5,7
p	0,4	0,5	0,1

Chetlanishini, matematik kutilishi toping.

Yechish. Matematik kutilishi quyidagicha topiladi:

$$M(X) = 2,5 \cdot 0,4 + 4,2 \cdot 0,5 + 5,7 \cdot 0,1 = 3,67$$

$X - M(X)$	-1,17	0,53	2,03
p	0,4	0,5	0,1

Chetlanishning matematik kutilishi quyidagicha topiladi:

$$M(X - M(X)) = \sum (X - M(X)) \cdot p = -1,17 \cdot 0,4 + 0,53 \cdot 0,5 + 2,03 \cdot 0,1 = -0,468 + 0,265 + 0,203 = 0.$$

O'rtacha chetlanish, ya'ni chetlanishning matematik kutilishi har doim nolga teng bo'lganligi uchun chetlanishni kvadratga ko'tarib undan matematik kutilish olamiz va chiqqan natijalardan kvadrat ildiz chiqarib o'rtacha chetlanishni o'rniga ishlatamiz.

2-ta'rif. Chetlanishning kvadratidan olingan matematik kutilishshga dispersiya deyiladi va quyidagicha belgilanadi:

$$D(X) = M(X - M(X))^2, (3.8)$$

3-ta'rif. Dispersiyadan olingan kvadratik ildizga o'rtacha kvadratik chetlanish deyiladi va quyidagicha belgilanadi:

$$\sigma(X) = \sqrt{D(X)}, (3.9)$$

Ta'rifga ko'ra dispersiya quyidagicha hisoblanadi:

$$D(X) = M[X - M(X)]^2 = [x_1 - M(X)]^2 p_1 + [x_2 - M(X)]^2 p_2 + \dots + [x_n - M(X)]^2 p_n, (3.10)$$

3.3.2-masala. Quyidagicha taqsimlangan diskret tasodifiy miqdorni dispersiyasi topilsin.

X	10	25	50
P	0,3	0,5	0,2

Yechish. Matematik kutilishni topamiz:

$$M(X) = 10 \cdot 0,3 + 25 \cdot 0,5 + 50 \cdot 0,2 = 3 + 12,5 + 10 = 25,5$$

Chetlanishlarini kvadratini topamiz:

$$[x_1 - M(X)]^2 = (10 - 25,5)^2 = 240,25, \quad [x_2 - M(X)]^2 = (25 - 25,5)^2 = 0,25,$$

$$[x_3 - M(X)]^2 = (50 - 25,5)^2 = 600,25.$$

Dispersiyani ta'rifga ko'ra

$$D(X) = 240,25 \cdot 0,3 + 0,25 \cdot 0,5 + 600,25 \cdot 0,2 = 192,25.$$

Teorema. Tasodifiy miqdor X ni dispersiyasi tasodifiy miqdorni kvadratini matematik kutilishi bilan matematik kutilish kvadrati ayirmasiga teng.

$$D(X) = M[X^2] - [M(X)]^2, (3.11)$$

Isbot. $D(X) = M[X - M(X)]^2 = M[X^2 - 2XM(X) + M^2(X)] = M[X^2] - 2M(X)M(X) + M^2(X) = M[X^2] - 2M^2(X) + M^2(X) = M[X^2] - [M(X)]^2$

Bunga dispersiyani hisoblash formulasi deyiladi.

T.m.ning **o'rta kvadratik chetlanishi** deb dispersiyasidan olingan kvadrat ildizga aytiladi:

$$\sigma = \sigma(X) = \sqrt{D(X)}, (3.12)$$

3.3.3-masala. Quyidagi X tasodifiy miqdorlarni dispersiyasi va kvadratik chetlashishini toping.

X	15	35	40
P	0,3	0,5	0,2

Yechish. Matematik kutilishni topamiz:

$$M(X) = 15 \cdot 0,3 + 35 \cdot 0,5 + 40 \cdot 0,2 = 4,5 + 17,5 + 8 = 30.$$

X^2 ni taqsimotini topamiz:

X^2	225	1225	1600
P	0,1	0,6	0,3

X^2 ni matematik kutilishni topamiz:

$$M(X^2) = 225 \cdot 0,1 + 1225 \cdot 0,6 + 1600 \cdot 0,3 = 67,5 + 612,5 + 320 = 1000.$$

X tasodifiy miqdorlarning dispersiyasini topamiz:

$$D(X) = M[X^2] - [M(X)]^2 = 1000 - 30^2 = 1000 - 900 = 100.$$

X tasodifiy miqdorlarning kvadratik chetlashishini topamiz:

$$\sigma(X) = \sqrt{100} = 10.$$

Bu oxirgi formulaga dispersiyani hisoblash formulasi deyiladi.

Endi dispersiyani xossalari ko'ramiz.

1-xossa. O'zgarma sonni dispersiyasi nolga teng:

$$D(C) = 0, \quad (3.13)$$

Haqiqatdan, $D(C) = M[C - M(C)]^2 = M[C - C]^2 = M(0) = 0.$

2-xossa. O'zgarma sonni dispersiya ishorasidan tashqariga chiqarish mumkin: $D(CX) = C^2 D(X), \quad (3.14)$

Haqiqatdan,

$$D(CX) = M[CX - M(CX)]^2 = M[C^2(X - M(X))]^2 = C^2 M(X - M(X))^2 = C^2 D(X).$$

3-xossa. Ikkita erkli tasodifiy miqdorlar yig'indisining dispersiyasi shu tasodifiy miqdorlar dispersiyalari yig'indisiga teng:

$$D(X + Y) = D(X) + D(Y), \quad (3.15)$$

Umumiy holda

$$D(X_1 + X_2 + \dots + X_n) = D(X_1) + D(X_2) + \dots + D(X_n), \quad (3.16)$$

Bundan tashqari $D(X + C) = D(X), \quad (3.17)$

Xulosa. Bog'liqsiz tasodifiy miqdorlar ayirmasining dispersiyasi dispersiyalar yig'indisiga teng: $D(X - Y) = D(X) + D(Y), \quad (3.18)$

Isbot. 3-xossaga ko'ra

$$D(X - Y) = D(X) + D(-Y) = D(X) + (-1)^2 D(Y) = D(X) + D(Y).$$

4-xossa. O'zaro bog'liqsiz tasodifiy miqdorlar ko'paytmasining dispersiyasi shu tasodifiy miqdorlar dispersiyalari ko'paytmasiga teng: $D(X \cdot Y) = D(X) \cdot D(Y), \quad (3.19)$

5. X - t.m. binomial taqsimotga ega bo'lsa, $D(X) = npq$ bo'ladi.

6. X - t.m. Puasson taqsimotga ega bo'lsa, $D(X) = \lambda$ bo'ladi.

3.4. NORMAL TAQSIMOT. O'RTACHA QIYMAT. DISPERSIYA. O'RTACHA KVADRATIK CHETLANISH

Ta'rif. Agar X tasodifiy miqdorning taqsimot funksiyasi ixtiyoriy nuqtada uzluksiz bo'lsa, u holda X - uzluksiz tasodifiy miqdor deyiladi.

Agar $F(x)$ taqsimot funksiya uzluksiz tasodifiy miqdorning taqsimot funksiyasi bo'lsa, taqsimot funksiyani 1-4 xossalardan quyidagi natijalarni keltirish mumkin:

Natija. X tasodifiy miqdorning $[a; b)$ oraliqda yotuvchi qiymatni qabul qilish ehtimoli taqsimot funksiyani shu oraliqdagi ortirmasiga teng: $P\{a \leq X < b\} = F(b) - F(a), \quad (3.19)$

Natija. X uzluksiz tasodifiy miqdorning tayin bitta qiymatni qabul qilish ehtimoli nolga teng:

$$P\{X = x_i\} = 0.$$

Uzluksiz tasodifiy miqdorni asosiy xarakteristikasi zichlik funksiya hisoblanadi.

Ta'rif. Uzluksiz tasodifiy miqdorning zichlik funksiyasi deb, shu tasodifiy miqdor taqsimot funksiyasidan olingan birinchi tartibli hosilaga aytiladi.

Uzluksiz tasodifiy miqdorning zichlik funksiyasi $f(x)$ orqali belgilanadi. Demak, $f(x) = F'(x).$

Zichlik funksiya quyidagi xossalarga ega:

1. $f(x)$ funksiya manfiy emas, ya'ni $f(x) \geq 0.$

2. X uzluksiz tasodifiy miqdorning $[a; b]$ oraliqqa tegishli qiymatni qabul qilishi ehtimoli zichlik funksiyani a dan b gacha olingan aniq integraliga teng, ya'ni

$$P\{a \leq X \leq b\} = \int_a^b f(x) dx.$$

3. Uzluksiz tasodifiy miqdorning taqsimot funksiyasi zichlik funksiya orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(t) dt.$$

4. Zichlik funksiyadan $-\infty$ dan $+\infty$ gacha olingan xosmas integral birga teng:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(x) dx = 1.$$

3.4.1-masala. X tasodifiy miqdorning zichlik funksiyasi

$f(x) = \frac{a}{1+x^2}$ tenglik bilan berilgan. O'zgarmas a parametrni toping.

Yechish. Zichlik funksiyaning 4-xossasiga ko'ra $\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{a}{1+x^2} dx = 1$,

ya'ni $a \cdot \lim_{\substack{d \rightarrow +\infty \\ c \rightarrow -\infty}} \int_c^d \frac{1}{1+x^2} dx = a \cdot \lim_{\substack{d \rightarrow +\infty \\ c \rightarrow -\infty}} \arctg x \Big|_c^d = a \cdot \left(\frac{\pi}{2} - \left(-\frac{\pi}{2} \right) \right) = a \cdot \pi = 1$.

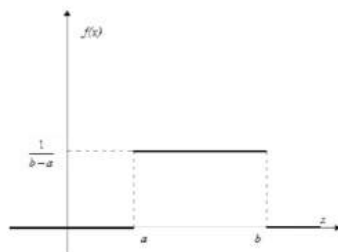
Demak, $a = \frac{1}{\pi}$.

Ta'rif. Agar X uzluksiz tasodifiy miqdorning zichlik funksiyasi

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a}, & \text{azap } x \in [a, b], \\ 0, & \text{azap } x \notin [a, b] \end{cases}$$

ko'rinishda berilgan bo'lsa, u $[a, b]$ oraliqda tekis taqsimlangan tasodifiy miqdor deyiladi.

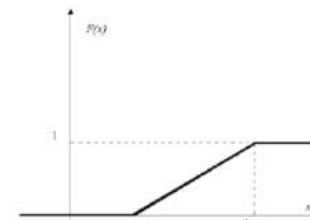
Bu tasodifiy miqdor zichlik funksiyasining grafigi quyidagi rasmda berilgan:



$[a, b]$ oraliqda tekis taqsimlangan X tasodifiy miqdor $X \in R[a, b]$ ko'rinishda belgilanadi. $X \in R[a, b]$ uchun taqsimot funksiya quyidagicha bo'ladi:

$$F(x) = \begin{cases} 0, & \text{azap } x < a, \\ \frac{x-a}{b-a}, & \text{azap } a \leq x \leq b, \\ 1, & \text{azap } x > b. \end{cases}$$

$F(x)$ taqsimot funksiyaning grafigi quyidagi rasmda keltirilgan.

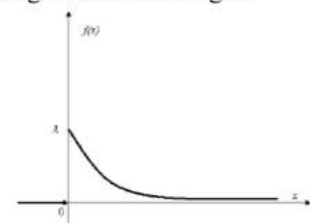


Ta'rif. Agar X uzluksiz tasodifiy miqdorning zichlik funksiyasi

$$f(x) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x}, & \text{azap } x \geq 0, \\ 0, & \text{azap } x < 0 \end{cases}$$

ko'rinishda berilgan bo'lsa, X tasodifiy miqdor ko'rsatkichli qonun bo'yicha taqsimlangan tasodifiy miqdor deyiladi, bu yerda λ biror musbat son.

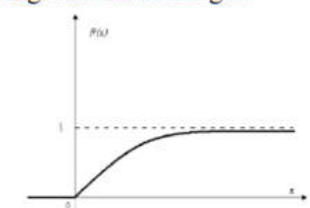
λ parametrlari ko'rsatkichli taqsimot $E(\lambda)$ orqali belgilanadi. Uning grafigi quyidagi rasmda keltirilgan.



$E(\lambda)$ uchun taqsimot funksiya quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$F(x) = \begin{cases} 0, & \text{azap } x < 0, \\ 1 - e^{-\lambda x}, & \text{azap } x \geq 0. \end{cases}$$

Uning grafigi quyidagi rasmda keltirilgan.



Normal taqsimot ehtimollar nazariyasida o'ziga xos o'rinni tutadi. Normal taqsimotning xususiyati shundan iboratki, u limit taqsimot hisoblanadi. Ya'ni boshqa taqsimotlar ma'lum shartlar ostida bu taqsimotga intiladi. Normal taqsimot amaliyotda eng ko'p qo'llaniladigan taqsimotdir.

Ta'rif. X uzluksiz tasodifiy miqdor normal qonun bo'yicha taqsimlangan deyiladi, agar uning zichlik funksiyasi quyidagi ko'rinishga ega bo'lsa

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}}, \quad x \in R.$$

a va $\sigma > 0$ parametrlar bo'yicha normal taqsimot $N(a, \sigma)$ orqali belgilanadi. normal $X \in N(a, \sigma)$ tasodifiy miqdorning taqsimot funksiyasi

$$F(x) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{(t-a)^2}{2\sigma^2}} dt.$$

Agar normal taqsimot parametrlari $a=0$ va $\sigma=1$ bo'lsa, u standart normal taqsimot deyiladi. Standart normal taqsimotning zichlik funksiyasi quyidagi ko'rinishga ega:

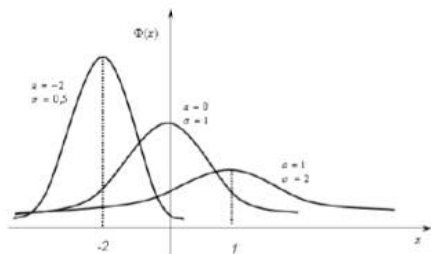
$$\varphi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{x^2}{2}}.$$

Taqsimot funksiyasi

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

ko'rinishga ega va u Laplas funksiyasi deyiladi.

Quyidagi rasmda a va σ larning turli qiymatlarida normal taqsimot grafigining o'zgarishi tasvirlangan:



$X \in N(a, \sigma)$ tasodifiy miqdorning (α, β) intervalga tushish ehtimolini hisoblaymiz. Avvalgi mavzulardan ma'lumki,

$$\begin{aligned} P\{\alpha < X < \beta\} &= \int_{\alpha}^{\beta} f(x) dx = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \int_{\alpha}^{\beta} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}} dx = \left[\frac{x-a}{\sqrt{2}\sigma} = t \right] = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\frac{\alpha-a}{\sigma}}^{\frac{\beta-a}{\sigma}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt = \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\frac{\beta-a}{\sigma}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\frac{\alpha-a}{\sigma}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt. \end{aligned}$$

Laplas funksiyasidan foydalanib, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$P\{\alpha < X < \beta\} = \Phi_0\left(\frac{\beta-a}{\sigma}\right) - \Phi_0\left(\frac{\alpha-a}{\sigma}\right).$$

Normal taqsimot funksiyasini Laplas funksiyasi orqali quyidagicha ifodalasa bo'ladi:

$$\begin{aligned} F(x) &= \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(t-a)^2}{2\sigma^2}} dt = P\{-\infty < X < x\} = \Phi_0\left(\frac{x-a}{\sigma}\right) - \Phi_0\left(\frac{-\infty-a}{\sigma}\right) = \\ &= \Phi_0\left(\frac{x-a}{\sigma}\right) + \Phi_0(+\infty) = \Phi_0\left(\frac{x-a}{\sigma}\right) + \frac{1}{2}. \end{aligned}$$

Agar Laplas funksiyasi $\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt$ bo'lsa, u holda

$F(x) = \Phi\left(\frac{x-a}{\sigma}\right)$ va oxirgi formulani quyidagicha yozsa bo'ladi:

$$P\{\alpha < X < \beta\} = \Phi\left(\frac{\beta-a}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{\alpha-a}{\sigma}\right).$$

Amaliyotda ko'p hollarda normal tasodifiy miqdorning a ga nisbatan simmetrik bo'lgan intervalga tushish ehtimolini hisoblashga to'g'ri keladi.

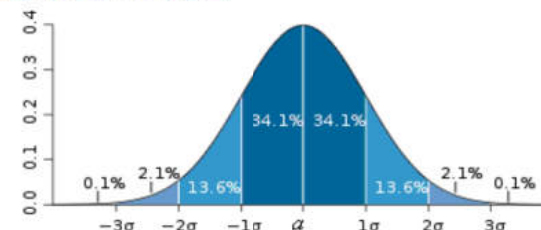
Uzunligi $2l$ bo'lgan $(a-l, a+l)$ intervalni olaylik, u holda

$$P\{a-l \leq X \leq a+l\} = P\{|X-a| \leq l\} =$$

$$\Phi_0\left(\frac{a+l-a}{\sigma}\right) - \Phi_0\left(\frac{a-l-a}{\sigma}\right) = 2\Phi_0\left(\frac{l}{\sigma}\right) = 2\Phi\left(\frac{l}{\sigma}\right) - 1.$$

$$\text{Demak, } P\{|X-a| \leq l\} = 2\Phi_0\left(\frac{l}{\sigma}\right) = 2\Phi\left(\frac{l}{\sigma}\right) - 1.$$

$l=3\sigma$ deb olsak, $P\{|X-a| \leq 3\sigma\} = 2\Phi_0(3)$ bo'ladi. $\Phi_0(x)$ funksiyaning qiymatlari jadvalidan $\Phi_0(3) = 0,49865$ ni topamiz. U holda $P\{|X-a| \leq 3\sigma\} \approx 0,9973$ bo'ladi. Bundan quyidagi muhim natijaga ega bo'lamiz: Agar $X \in N(a, \sigma)$ bo'lsa, u holda uning matematik kutilmasidan chetlanishining absolyut qiymati o'rtacha kvadratik tarqoqligining uchlanganidan katta bo'lmaydi. Bu qoida "uch sigma qoidasi" deyiladi.



3.4.2-masala. Detallarni o'lchash jarayonida $\sigma = 10$ mm parametrli normal taqsimotga bo'ysunuvchi tasodifiy xatoliklarga yo'l qo'yildi. Bog'liqsiz 3 marta detalni o'lchaganda hyech bo'lmasa bitta o'lchash xatoligining absolyut qiymati 2 mm dan katta bo'lmasligi ehtimolini baholang.

Yechish. $P\{|X - a| \leq 2\} = 2\Phi_0\left(\frac{2}{10}\right) \approx 2 \cdot 0,07926 = 0,15852$.

Bitta tajribada (o'lchashda) xatolikning 2mm dan oshishi ehtimoli $P\{|X - a| > 2\} = 1 - P\{|X - a| \leq 2\} \approx 0,84148$. Tajribalarimiz bog'liqsiz bo'lganligi uchun uchala tajribada xatolikning 2mm dan oshishi ehtimoli $0,84148^3 \approx 0,5958$ bo'ladi. Qidirilayotgan ehtimol $1 - 0,5958 = 0,4042$.

Bosh o'rtacha qiymat $\bar{x}_B$ deb bosh to'plam belgisi qiymatlarining o'rta arifmetigiga atiladi.

Agar N hajmli bosh to'plam belgisining qiymatlari $x_1, x_2, \dots, x_k$ lar turlicha bo'lsa, u holda Bosh o'rtacha qiymati $\bar{x}_B$

$$\bar{x}_N = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_k}{N} = \frac{\sum_{k=1}^N x_k}{N} \quad \text{bo'ladi.}$$

Agar bosh to'plam belgisining qiymatlari $x_1, x_2, \dots, x_k$ mos holda $N_1, N_2, \dots, N_k$ martadan takrorlansa va $N_1 + N_2 + \dots + N_k = N$ bo'lsa, u holda

$$\bar{x}_B = \frac{N_1 x_1 + N_2 x_2 + \dots + N_k x_k}{N_1 + N_2 + \dots + N_k} = \frac{\sum_{k=1}^N N_k x_k}{N} \quad \text{bo'ladi.}$$

Agar N hajmli bosh to'plam belgisining qiymatlari $x_1, x_2, \dots, x_k$ lar turlicha bo'lsa, u holda biror x_i qiymatga ega ob'ektning bosh to'plamdan olinish ehtimoli $\frac{1}{N}$ ga teng bo'ladi.

Demak bosh to'plam belgisi X ning qiymatlari $x_1, x_2, \dots, x_k$ larni X tasodifiy miqdorning ehtimoli $\frac{1}{N}$ ga teng qiymatlari deb qarash mumkin. Bu mulohazalarga asosan X t.m.ning matematik kutilishi

$$MX = x_1 \cdot \frac{1}{N} + x_2 \cdot \frac{1}{N} + \dots + x_N \cdot \frac{1}{N} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_N}{N} = \bar{x}_N$$

Shunday qilib bosh to'plam belgisi X ni t.m. desak, u holda uning bosh o'rtacha qiymati $\bar{x}_B$ uning matematik kutilishi bo'lar ekan.

3.4.3-masala. Bosh to'plam belgisi qiymatlari bir xil $x_i = 0,12$ ($i = 1, 2, \dots, 100$) bolsa, bosh o'rtacha qiymati $\bar{x}_B$ ni toping.

Yechish. Bosh o'rtacha qiymati $\bar{x}_B$ ni topish

$$\bar{x}_N = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_k}{N} = \frac{\sum_{k=1}^N x_k}{N}$$

formulasiga ko'ra

$$\bar{x}_N = \frac{0,12 + 0,12 + \dots + 0,12}{100} = \frac{12}{100} = 0,12 \quad \text{bo'ladi.}$$

Shunday qilib bosh o'rtacha qiymati $x_B = 0,12$ ekan.

3.4.4 -masala. Bosh to'plam belgisi qiymatlari turli xil bo'lib, ushbu

x_k	2	4	7	9	11
N_k	20	40	60	30	40

ko'rinishda taqsimlangan bo'lsa, bosh o'rtacha qiymati $\bar{x}_B$ ni toping.

Yechish. Bosh o'rtacha qiymati $\bar{x}_B$ ni topish

$$\bar{x}_B = \frac{N_1 x_1 + N_2 x_2 + \dots + N_k x_k}{N_1 + N_2 + \dots + N_k} = \frac{\sum_{k=1}^N N_k x_k}{N}$$

formulasiga ko'ra

$$\bar{x}_B = \frac{20 \cdot 2 + 40 \cdot 4 + 60 \cdot 7 + 30 \cdot 9 + 40 \cdot 11}{20 + 40 + 60 + 30 + 40} = \frac{1330}{190} = 7$$

bo'ladi.

Demak bosh o'rtacha qiymati $x_B = 7$ ekan.

Bosh to'plam belgilarining bosh o'rtacha $\bar{x}_B$ qiymatdan chetlanishlari kvadratlarining o'rta arifmetigiga **bosh dispersiya** deyiladi.

Agar N hajmli bosh to'plam belgisining qiymatlari $x_1, x_2, \dots, x_k$ lar turlicha bo'lsa, u holda bosh dispersiya D_B

$$D_B = \frac{\sum_{k=1}^N (x_k - \bar{x}_B)^2}{N} \quad \text{bo'ladi.}$$

Agar bosh to'plam belgisining qiymatlari $x_1, x_2, \dots, x_k$ mos holda $N_1, N_2, \dots, N_k$ martadan takrorlansa va $N_1 + N_2 + \dots + N_k = N$ bo'lsa, u holda

$$D_B = \frac{\sum_{k=1}^N N_k (x_k - \bar{x}_B)^2}{N}$$

bo'ladi.

O'rta kvadratik bosh chetlanish σ_B deb bosh dispersiyadan olingan kvadrat ildizga aytiladi:

$$\sigma_B = \sqrt{D_B}$$

Bosh to'plam belgisi qiymatlari uzluksiz taqsimot qonuniga ega bo'lgan holda bosh dispersiya va o'rta kvadratik bosh chetlanish uzluksiz t.m.ning dispersiyasi yoki o'rta kvadratik chetlanishi kabi hisoblanadi.

3.4.5-masala. Bog'dagi yosh ko'chat nihollarining bo'ylari o'lchanib, quyidagi ma'lumotlar olingan. daraxt nihollarining o'rtacha bo'yi, bo'yi uchun D_B ni va o'rta kvadratik bosh chetlanish

σ_B ni toping:

$x_k(sm)$	12	13	15	17	18
N_k	20	70	85	30	15

Yechish. Bosh o'rtacha qiymati $\bar{x}_B$ ni topish

$$\bar{x}_B = \frac{N_1x_1 + N_2x_2 + \dots + N_kx_k}{N_1 + N_2 + \dots + N_k} = \frac{\sum_{k=1}^N N_k x_k}{N}$$

formulasiga ko'ra, Bosh o'rtacha qiymati $\bar{x}_B = 14,568$

bo'ladi. Endi bosh dispersiya D_B ni $D_B = \frac{\sum_{k=1}^N N_k (x_k - \bar{x}_B)^2}{N}$

ga ko'ra nopamiz:

$$D_B = \frac{20(12-14,568)^2 + 70(13-14,568)^2 + 85(15-14,568)^2 + 30(17-14,568)^2 + 15(18-14,568)^2}{220}$$

yoki $D_B = 1,938$ va $\sigma_B = \sqrt{D_B}$ ga ko'ra o'rta kvadratik bosh chetlanish $\sigma_B = \sqrt{1,938} = 1,39$ bo'ladi.

Bosh to'plam hajmi N ga teng bo'lib, undan olingan n - hajmli tanlanmaning taqsimoti

$$X : x_1, x_2, \dots, x_k$$

$$n : n_1, n_2, \dots, n_k \text{ bo'lsin. Bu yerda } n_1 + n_2 + \dots + n_k = n.$$

Tanlanma to'plam elementlarining o'rta arifmetik qiymati

$$\bar{x}_t = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_k}{n} = \frac{\sum_{k=1}^n x_k}{n} \text{ ga } \textbf{tanlanma o'tacha} \text{ qiymat deyiladi.}$$

Agar tanlanmaning $x_1, x_2, \dots, x_n$ elementlari turli xil bo'lib, ular mos holda $n_1, n_2, \dots, n_k$ martadan takrorlansa, hamda $n_1 + n_2 + \dots + n_k = n$ bo'lsa, u holda tanlanma o'rtacha

$$\bar{x}_t = \frac{n_1x_1 + n_2x_2 + \dots + n_kx_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k} = \frac{\sum_{k=1}^n n_k x_k}{n} \text{ bo'ladi.}$$

$$n - \text{hajmli tanlanma taqsimoti} \quad \begin{array}{l} X : x_1, x_2, \dots, x_k \\ N : n_1, n_2, \dots, n_k \end{array}$$

$$\text{bo'lsa, u holda } D_t = \frac{\sum_{k=1}^n n_k (x_k - \bar{x}_t)^2}{n}$$

qiymatga **tanlanma dispersiya** deyiladi.

Agar tanlanmaning elementlari bir martadan kuzatilib turli xil bo'lsa, u holda tanlanma dispersiyasi

$$D_t = \frac{\sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x}_t)^2}{n} \text{ ko'rinishda hisoblanadi.}$$

$$\bar{s}_t^2 = \frac{n}{n-1} D_t$$

Ushbu **tuzatilgan tanlanma dispersiya** deyiladi. Bu miqdor bosh to'plamning siljimagan bahosi hisoblanadi.

Tanlanma **o'rtacha kvadratik chetlanisi** deb, tuzatilgan tanlanma dispersiyaning kvadrat ildiziga aytiladi:

$$\bar{s}_t = \sqrt{\frac{n}{n-1} D_t}$$

$$D_t = \frac{n_1x_1^2 + n_2x_2^2 + \dots + n_kx_k^2}{n_1 + n_2 + \dots + n_k} - \bar{x}_t^2$$

Tanlanma dispersiyani

formula bilan hisoblash qulaydir.

3.4.6-masala. O'simlikning gullari soni kuzatilib, quyidagi tanlanma taqsimoti olingan:

x_i	4	7	8
n_i	10	15	25

Daladagi barcha osimliklar uchun osimlikdagi ortacha gullar soni (bosh o'rtacha qiymat) ning siljimagan bahosini toping.

Yechish. Bosh o'rtacha qiymatning siljimagan bahosi o'rtacha tanlanma qiymat bo'ladi:

$$\bar{x}_t = \frac{n_1x_1 + n_2x_2 + \dots + n_kx_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k} = \frac{\sum_{k=1}^n n_k x_k}{n} = \frac{4 \cdot 10 + 7 \cdot 15 + 8 \cdot 25}{50} = \frac{345}{50} = 6,9.$$

Demak, daladagi barcha osimliklar uchun osimlikdagi ortacha gullar soni (bosh o'rtacha qiymat) ning siljimagan bahosini 6,9 ga teng bo'lar ekan.

3.4.7-masala. G'o'zadagi ko'saklar soni kuzatilib, quyidagi tanlanma taqsimoti olingan:

x_i	11	12	13	14
W_i	0,4	0,1	0,3	0,2

Daladagi barcha g'o'zalar uchun g'o'zadagi ortacha ko'saklar soni (bosh o'rtacha qiymat) ning siljimagan bahosini toping.

Yechish. Bosh o'rtacha qiymatning siljimagan bahosi o'rtacha tanlanma qiymat bo'ladi. Demak,

$$\bar{x}_t = \frac{n_1x_1 + n_2x_2 + \dots + n_kx_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k} = \frac{\sum_{k=1}^n n_kx_k}{n} = \frac{n_1}{n}x_1 + \frac{n_2}{n}x_2 + \dots + \frac{n_k}{n}x_k = W_1x_1 + W_2x_2 + \dots + W_kx_k$$

ga ko'ra

$$\bar{x}_t = 0,4 \cdot 11 + 0,1 \cdot 12 + 0,3 \cdot 13 + 0,2 \cdot 14 = 4,4 + 1,2 + 3,9 + 2,8 = 12,3.$$

Demak, daladagi barcha g'o'zalar uchun g'o'zadagi ortacha ko'saklar soni (bosh o'rtacha qiymat) ning siljimagan bahosi 12,3 ga teng bo'lar ekan.

3.4.8-masala. Tasodifiy tanlangan 5 dona g'o'zalar bo'yi (sm)da o'lchanib, quyidagi tanlanma taqsimoti olingan:

x_i	92	94	103	105	106
n_i	1	1	1	1	1

Daladagi barcha g'o'zalar uchun g'o'zalar bo'yini o'lchashdagi xatoliklar tanlanma dispersiyasi bilan tuzatilgan dispersiyasini toping.

Yechish. Malumki tanlanma o'rtacha 100 bo'lib, tanlanma dispersiya

$$D_t = \frac{\sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x}_t)^2}{n} \quad \text{ga ko'ra}$$

$$D_t = \frac{\sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x}_t)^2}{n} = \frac{(92-100)^2 + (94-100)^2 + (103-100)^2 + (105-100)^2 + (106-100)^2}{5} = 34$$

bo'ladi. Tuzatilgan dispersiyasi esa,

$$s^2 = \frac{n}{n-1} D_t = \frac{5}{4} \cdot 34 = 42,5$$

bo'ladi.

3.5. VARIASIYA KENGLIGI. VARIASIYA KOEFFISIYENTI. MODA. MEDIANA. VARIASIYA CHEGARASI, EKSTREMAL QIYMAT. O'RTACHA CHIZIQLI FARQ. ASIMMETRIYA. EKSSSESS

Variasiya, ya'ni belgi qiymatlarining qator markaziy miqdorlari (belgi darajasi) atrofida sochilishi (tarqoqligi)ning eng oddiy me'yori variatsion kenglikdir (inglizcha range). U o'rganilayotgan belgining eng katta va eng kichik miqdoriy qiymatlari orasidagi farqni belgilaydi, ya'ni $R = X_{\max} - X_{\min}$. Bu yerda $X_{\max}$ - belgining eng katta qiymati (qator hadi), $X_{\min}$ - uning eng kichik qiymati. Variatsion kenglikda taqsimotning ichki shakli, ya'ni miqdorlar orasidagi tafovutlar aks etmaydi. Simmetrik qator uchun ham, asimmetrik (og'ma) qator, masalan, J - simon taqsimot uchun ham variasiya kengligi biror miqdorga teng bo'lishi mumkin, vahlanki bunday taqsimotlar tarqoqlik darajasi jihatidan bir-biridan odatda jiddiy farq qiladi.

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

$$R = X_{\max} - X_{\min} \quad (3.13)$$

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

Variasiya koeffitsiyenti (V) - nisbiy ko'rsatkich bo'lib, belgining o'zgarishini ifodalaydi va prosentlarda ifodalanadi.

Eng katta chastotaga ega bo'lgan variantaning qiymatiga **moda** deyiladi va u M_0 bilan belgilanadi.

Statistik taqsimotni teng ikkiga bo'ladigan variantaning qiymatiga **mediana** deyiladi va M_e ko'rinishda belgilanadi. Medianani

$$M_e = \begin{cases} x_{k+1}; n - toq, \\ \frac{x_k + x_{k+1}}{2}; n - juft \end{cases}$$

ko'rinishda aniqlash mumkin.

Tanlanma qiymatlarining o'rtacha qiymat atrofida tarqoqligini taqqoslashda

$$V_t = \frac{\bar{s}_t}{\bar{x}_t} \cdot 100\%$$

variatsiya koeffitsientidan foydalaniladi.

3.5.1-masala. Tasodifiy tanlangan 100 dona g'ozalarning boyi (mm)da o'lchanib, quyidagi tanlanma taqsimoti olingan:

x_i	1250	1275	1280	1300
n_i	20	25	50	5

Tanlanmaning modasi va medianasi topilsin.

Yechish. Ko'rinib turibdi 100 ta tanlanmada $x = 1280$ varianta 50 marta (eng ko'p) uchrayapti. Demak u tanlanmaning modasi bo'ladi:
 $M_o = 1280$.

Endi

$$M_e = \begin{cases} x_{k+1}; n - toq, \\ \frac{x_k + x_{k+1}}{2}; n - juft \end{cases}$$

bo'yicha tanlanmaning mediyanasini topamiz: tanlanma hajmi $n = 100$ juft. Shu sababli

$$M_e = \frac{1275 + 1280}{2} = 1277,5$$

bo'ladi.

3.5.2-masala. O'simlikning gullari soni kuzatilib, quyidagi tanlanma taqsimoti olingan:

x_i	4	7	8
n_i	10	15	25

Tanlanmaning variatsiya koeffisientini toping.

Yechish. Bosh o'rtacha qiymatning siljimagan bahosi o'rtacha tanlanma qiymat bo'ladi:

$$\bar{x}_t = \frac{n_1 x_1 + n_2 x_2 + \dots + n_k x_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k} = \frac{\sum_{k=1}^n n_k x_k}{n} = \frac{4 \cdot 10 + 7 \cdot 15 + 8 \cdot 25}{50} = \frac{345}{50} = 6,9.$$

Demak, daladagi barcha osimliklar uchun osimlikdagi ortacha gullar soni (bosh o'rtacha qiymat) ning siljimagan bahosini 6,9 ga teng bo'lar ekan.

Tanlanmaning dispersiyasi

$$D_t = \frac{\sum n_k (x_k - \bar{x}_t)^2}{n} = \frac{10 \cdot (4 - 6,9)^2 + 15 \cdot (7 - 6,9)^2 + 25 \cdot (8 - 6,9)^2}{50} = 2,29$$

bo'ladi. Endi bundan

$$\bar{s}_t = \sqrt{\frac{n}{n-1} \cdot D_t}$$

ga ko'ra, tanlanmaning o'rtacha kvadratik chetlanishi

$$\bar{s}_t = \sqrt{\frac{50}{49} \cdot 2,29} = 1,5286.$$

Variatsiya koeffisienti formulasi

$$V_t = \frac{\bar{s}_t}{\bar{x}_t} \cdot 100\%$$

dan variatsiya koeffisientini topamiz:

$$V_t = \frac{\bar{s}_t}{\bar{x}_t} \cdot 100\% = \frac{1,5286}{6,9} \cdot 100\% = 22,154\% \text{ bo'ladi.}$$

Baholanayotgan parametrlarni ichiga oladigan interval (oraliq)ning uchlari bo'lgan ikkita son bilan aniqlanadigan bahoga **intervalli baho** deyiladi.

Baholanayotgan parametrlarni berilgan γ - ishonch bilan o'z ichiga oladigan intervalga **ishonchli interval** deyiladi. γ - ga esa **ishonchlilik** ehtimoli deyiladi.

Normal taqsimlangan bosh to'plamning o'rtacha kvadratik ma'lum bo'lsa, bosh to'plamning noma'lum matematik chetlashishi kutilishini oldindan berilgan γ - ishonchlilik ehtimoli bilan tanlanma o'rtacha

$$\bar{x}_t = \frac{n_1 x_1 + n_2 x_2 + \dots + n_k x_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k} = \frac{\sum_{k=1}^n n_k x_k}{n}$$

bo'icha

$$\bar{x}_t - \frac{t\sigma}{\sqrt{n}} < a < \bar{x}_t + \frac{t\sigma}{\sqrt{n}}$$

tengsizlik orqali baholanadi. Bu yerda

$$\delta = \frac{t\sigma}{\sqrt{n}}$$

bahoning aniqligi; n - tanlanma hajmi; t - esa,

$$P(\bar{x}_t - \frac{t\sigma}{\sqrt{n}} \leq a \leq \bar{x}_t + \frac{t\sigma}{\sqrt{n}}) = 2\Phi(t) = \gamma$$

tenglik bo'yicha topiladi.

3.5.3-masala. Tanlanma o'rtacha qiymat $\bar{x}_t = 14$ va tanlanma hajmi $n = 25$ berilgan. Agar bosh to'plam dispersiyasi $\sigma = 5$ ma'lum bo'lsa, $\gamma = 0,95$ ishonchlilik ehtimoli bilan bosh to'plam matematik kutilishi a uchun ishonch oraligini tuzing.

Yechish. Masala shartiga ko'ra,

$$\bar{x}_t - \frac{t\sigma}{\sqrt{n}} < a < \bar{x}_t + \frac{t\sigma}{\sqrt{n}}$$

oraligini tuzamiz. Bu yerda t noma'lum bo'lib, uni $2F(t) = 0,95$ yoki $F(t) = 0,475$ munosabatdan topamiz. Laplas funksiyasi qiymatlari jadvalidan $0,475$ qiymatga mos keluvchi $t = 1,96$ ni topamiz. Demak $\bar{x}_t = 14$; $n = 25$; $\sigma = 5$ va $t = 1,96$

larni yuqoridagi tengsizlikka qo'yib,

$$12,04 < a < 15,96$$

tengsizlikni hosil qilamiz.

Bu $0,95$ ishonchlilik ehtimoli bilan bosh to'plam matematik kutilishi a uchun ishonch oraligi bo'ladi.

Normal taqsimlangan bosh to'plamning o'rtacha kvadratik chetlanishi noma'lum bo'lsa, bosh to'plamning noma'lum a matematik kutilishini oldindan berilgan γ - ishonchlilik ehtimoli bilan tanlanma o'rtacha

$$\bar{x}_t = \frac{n_1 x_1 + n_2 x_2 + \dots + n_k x_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k} = \frac{\sum_{k=1}^n n_k x_k}{n}$$

bo'yicha

$$\bar{x}_t - \frac{t_\gamma \bar{s}_t}{\sqrt{n}} < a < \bar{x}_t + \frac{t_\gamma \bar{s}_t}{\sqrt{n}}$$

oralig bilan baholanadi. Bu yerda $\bar{s}_t$ - tanlanma o'rtacha kvadratik chetlanish bo'lib, t_γ - ning qiymati esa berilgan γ va tanlanma hajmi n bo'yicha 5-ilova jadvaldan topiladi. Normal taqsimlangan bosh to'plamning o'rtacha kvadratik chetlanishi noma'lum bo'lsa, uni tanlanma o'rtacha kvadratik chetlanish yordamida

$$\bar{s}_t(1-q) < \sigma < \bar{s}_t(1+q), \text{ agar } q < 1;$$

$$0 < \sigma < \bar{s}_t(1+q), \text{ agar } q > 1;$$

intervallar bilan baholanadi. Bu yerda q berilgan γ va tanlanma hajmi n bo'yicha jadvaldan topiladi.

3.5.4-masala. Hosildorlik 9 marta kuzatilib tanlanma o'rtacha qiymati $\bar{x}_t = 30,1$ va tuzatilgan o'rtacha kvadratik chetlanishi $\bar{s}_t = 6$ topilgan. Hosildorlikning haqiqiy qiymatini $\gamma = 0,99$ ishonchlilik bilan baholang.

Yechish. Hosildorlikning haqiqiy qiymatini bu bosh to'plam matematik kutilishi a bo'lib, uni

$$\bar{x}_t - \frac{t_\gamma \bar{s}_t}{\sqrt{n}} < a < \bar{x}_t + \frac{t_\gamma \bar{s}_t}{\sqrt{n}}$$

tengsizlik orqali baholaymiz.

$\gamma = 0,99$ va $n = 9$ bo'yicha 5-ilova jadvaldan $t_\gamma = t(\gamma, n) = 3,36$ ni topamiz.

Endi $\bar{x}_t = 30,1$; $\bar{s}_t = 6$; $t_\gamma = t(\gamma, n) = 3,36$ larni tengsizlikka qo'yib,

$$23,38 < a < 36,82$$

ni hosil qilamiz. Bu esa hosildorlik haqiqiy qiymatining $0,99$ ehtimollik bilan bahosi bo'ladi.

3.5.5-masala. Paxta hosildorligini tekshirish jarayonida $n = 16$ kuzatilib o'tkazilib, hosildorlik qiymati normal taqsimlangan va kuzatishlar bo'yicha tuzatilgan tanlanma o'rtacha kvadratik chetlanish $\bar{s}_t = 1$ ekanligi aniqlangan. Bosh to'plam o'rtacha kvadratik chetlanishi uchun $\gamma = 0,95$ ishonchlilik ehtimoli bilan intervalli baho tuzing.

Yechish. Masala shartidan $n = 16$; $\gamma = 0,95$ lar bo'yicha 4-ilova jadvaldan $q = q(\gamma, n) = q(0,95; 16)$ dan $q = 0,44$ ni topamiz. Topilgan $q = 0,44 < 1$ bo'lganligidan

$$\bar{s}_t(1-q) < \sigma < \bar{s}_t(1+q), \text{ agar } q < 1$$

tengsizlikdan foydalanamiz. U holda $\bar{s}_t = 1$ va $q = 0,44$ larni bunga qo'yib,

$$0,56 < \sigma < 1,44$$

ni hosil qilamiz. Bu bosh to'plam o'rtacha kvadratik chetlanishi uchun $\gamma = 0,95$ ishonchlilik ehtimoli bilan tuzilgan intervalli baho bo'ladi.

Tanlanma variantalarining o'sib boorish tartibida yozilganiga **variatsion qator** deyiladi.

h - ayirmali arifmetik progressiyaning tashkil etuvchi variantalariga **teng uzoglikdagi variantalar** deyiladi.

Shartli variantalar deb

$$u_i = \frac{x_i - C}{h}$$

tenglik bilan aniqlanadigan variantalariga aytiladi. Bu yerda C – soxta nol (yangi sanoq boshi), h – qadam, ya'ni istalgan ikkita qo'shni dastlabki variantalar orasidagi farq (yangi masshtab birligi).

Tanlanmalarining yig'ma xarakteristikalarini hisoblashning soddalashtirilgan usullari dastlabki variantalarni shartli variantalarga almashtirishga asoslangan.

Agar variatsion qator teng uzoglikdagi h – qadamli variantalardan iborat bo'lsa, u holda shartli variantalar butun solardan iborat bo'ladi. Haqiqatdan ham, soxta nol sifatida ixtiyoriy x_m variantani olaylik, u holda

$$u_i = \frac{x_i - x_m}{h} = \frac{x_1 + (i-1)h - [x_1 + (m-1)h]}{h} = i - m$$

bo'ladi.

Tanlanmaning yig'ma xarakteristikalarini hisoblashda empiric momentlardan foydalanish qulaydir. Ular bevosita kuzatish ma'kumotlari asosida hisoblanadi.

k – **tartibli oddiy empirik moment** deb $x_i - c$ ayirmalar k – darajalarining o'rta qiymatiga aytiladi:

$$M_k = \frac{\sum_{i=1}^n n_i (x_i - c)^k}{n},$$

bu yerda x_i – kuzatilgan varianta; n_i i – variantaning chastotasi; n – tanlanmaning chastotasi; c – ixtiyoriy o'zgarmas son.

k – **tartibli boshlang'ich empirik moment** deb $c = 0$ bo'lgandagi k – tartibli oddiy empiric momentga aytiladi:

$$M_k = \frac{\sum_{i=1}^n n_i x_i^k}{n}.$$

Xususan $k=1$ da

$$M_1 = \frac{\sum_{i=1}^n n_i x_i}{n} = \bar{x}_i$$

1 - tartibli boshlang'ich empiric moment tanlanma o'rtacha qiymat bo'ladi.

k – **tartibli markaziy empirik moment** deb $c = \bar{x}_i$ bo'lgandagi k – tartibli oddiy empiric momentga aytiladi:

$$m_k = \frac{\sum_{i=1}^n n_i (x_i - \bar{x}_i)^k}{n}.$$

Xususan $k=2$ da

$$m_2 = \frac{\sum_{i=1}^n n_i (x_i - \bar{x}_i)^2}{n} = D_i$$

2 - tartibli markaziy empiric moment tanlanma dispersiya bo'ladi.

Markaziy momentlar oddiy momentlar orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$m_2 = M_2 - (M_1)^2;$$

$$m_3 = M_3 - 3M_2M_1 + 2(M_1)^3;$$

$$m_4 = M_4 - 4M_3M_1 + 6M_2(M_1)^2 - 3(M_1)^4.$$

Tanlanma teng uzoqlashgan variantalar va mjs chastotalar taqsimoti ko'rinishida berilgan bo'lsa, tanlanma o'rtacha va tanlanma dispersiyalarni mos holda quyidagi ko'paytmalar usulida topish qulay:

$$\bar{x}_i = M_1^* h + C, \quad D_i = [M_2^* - (M_1^*)^2] h^2$$

bu yerda C – soxta nol (yangi sanoq boshi), h – qadam, ya'ni istalgan ikkita qo'shni dastlabki variantalar orasidagi farq (yangi masshtab birligi), M_1^* , M_2^* lar mos holda

$$u_i = \frac{x_i - C}{h}$$

shartli variantalar bo'yicha hisoblangan 1 – va 2 - tartibli shartli momentlardir.

3.5.6-masala. Quyidagi statistik taqsimotning shartli variantalarini toping:

variantalar	23,6	28,6	33,6	38,6	43,6
chastotalar	5	20	50	15	10

Yechish. Variatsion qatorning ortasida joylashgan 33,6 bariantani soxta nol sifatida olamiz (Taxminan qatorning o'rtasida joylashgan variantani soxta nol sifatida olinganda hisoblashlar maksimal soddalashadi).

Qadamni topamiz:

$$h = 28,6 - 23,6 = 5.$$

Shartli variantalarini topamiz:

$$u_1 = \frac{x_1 - C}{h} = \frac{23,6 - 33,6}{5} = -2.$$

Xuddi shuningdek $u_2 = -1$, $u_3 = 0$, $u_4 = 1$, $u_5 = 2$.

3.5.7-masala. Hajmi $n = 100$ bo'lgan tanlanmaning quyidagi berilgan taqsimoti bo'yicha ko'paytmalar usuli bilan tanlanma o'rtacha va tanlanma dispersiyalarini toping:

x_i	12	14	16	18	20	22
n_i	5	15	50	16	10	4

Yechish. Avvalo shartli variantalar taqsimotini topamiz: Soxta nol sifatida $C = 16$ ni olamiz va $h = 14 - 12 = 2$ qadamni aniqlaymiz.

U holda $u_i = \frac{x_i - C}{h}$ formulaga ko'ra $u_1 = -2, u_2 = -1, u_3 = 0, u_4 = 1, u_5 = 2, u_6 = 3$ bo'ladi. Demak shartli variantalar taqsimoti

u_i	-2	-1	0	1	2	3
n_i	5	15	50	16	10	4

Endi bu taqsimot asosida

$$M_i^* = \frac{\sum_{i=1}^n n_i u_i^k}{n}$$

formuladan foydalanib M_1^*, M_2^* 1- va 2- tartibli shartli momentlarni hisoblaymiz: $M_1^* = 0,23; M_2^* = 1,27$. Endi bulardan

$$\bar{x}_t = M_1^* h + C = 0,23 \cdot 2 + 16 = 16,46$$

va

$$D_t = [M_2^* - (M_1^*)^2] h^2 = (1,27 - (0,23)^2) 2^2 = 1,2171 \cdot 4 = 4,868$$

larga ega bo'lamiz.

Asimmetriya - grekcha «asymmetria» - o'zaro o'lhamsiz so'zidan olingan bo'lib, o'zaro o'lhamlik buzilishi yoki yo'q bo'lishi degan lug'aviy mazmunga ega. Asimmetrik taqsimot u yoki bu yoqqa og'ishma, qiyshaygan shaklda to'plam birliklarining taqsimlanishidir.

Taqsimot asimmetriya me'yorini, ya'ni uning nosimmetrik darajasini qanday o'lchash mumkin degan savol tug'iladi.

Bu ko'rsatkichni mashhur ingliz statistigi K. Pirson taklif etgan, shuning uchun Pirson koeffitsiyenti deb ataladi. Muayyan sharoitda bu ko'rsatkich noldan katta bo'lsa $a > 0$, u holda asimmetriya musbat xisoblanadi, aks xolda ($a < 0$), u manfiy deb hisoblanadi. Agarda to'plam birliklari qator o'rtachasidan chaproqdagi guruhlarda ko'proq to'plangan bo'lsa, koeffitsiyent manfiy ishoraga ega bo'ladi, taqsimot ham chap yoqqa og'ishgan bo'ladi, va aksincha, ular o'rtachadan o'ng tomondagi guruhlarda ko'proq to'plangan bo'lsa, Pirson koeffitsiyenti musbat ishora oladi, taqsimot ham o'ng yoqlama og'ishmalikka ega bo'ladi.

Ammo Pirson koeffitsiyenti taqsimot markaziy qismida kuzatiladigan nosimmetriklikka ko'proq bog'liqdir. Chetki hadlar orasidagi asimmetriyani u deyarlik hisobga olmaydi.

Empirik taqsimotning normal taqsimotdan chetlanishi baholashda asimmetriya va ekstseslardan ham foydalaniladi.

Empirik taqsimotning asimmetriyasi a_s ushbu

$$a_s = \frac{m_3}{\sigma_t^3}$$

tenglik bilan aniqlanadi, bu yerda m_3 - uchunchi tartibli markaziy empiric moment.

Empirik taqsimotning ekstsesi e_k ushbu

$$e_k = \frac{m_4}{\sigma_t^4} - 3$$

tenglik bilan aniqlanadi, bu yerda m_4 - to'rtinchi tartibli markaziy empiric moment.

3- va 4- tartibli markaziy empiric momentlar 1-4- tartibli shartli momentlar orqali quyidagi ko'rinishlarda ko'paytmalar usuli bilan topiladi:

$$m_3 = [M_3^* - 3M_2^* M_1^* + 2(M_1^*)^3] \cdot h^3;$$

$$m_4 = [M_4^* - 4M_3^* M_1^* + 6M_2^* (M_1^*)^2 - 3(M_1^*)^4] \cdot h^4,$$

bu yerda shartli momentlar $M_i^* = \frac{\sum_{i=1}^n n_i u_i^k}{n}$ formula yordamida

$$u_i = \frac{x_i - C}{h} \text{ shartli variantalar asosida hisoblanadi.}$$

3.5.8-masala. Quyidagi taqsimot bo'yicha tanlanmaning asimmetriya va ekstsesini ko'paytmalar usuli bilan toping:

x_i	12	14	16	18	20	22
n_i	5	15	50	16	10	4

Yechish. Soxta nol sifatida $C = 16$ ni olib va $h = 14 - 12 = 2$ qadamni aniqlab, shartli variantalar taqsimoti

u_i	-2	-1	0	1	2	3
n_i	5	15	50	16	10	4

bo'lishini oldingi masalada ko'rgan edik. Bu orqali $M_i^* = \frac{\sum_{i=1}^n n_i u_i^k}{n}$

formula yordamida $M_1^* = 0,23$; $M_2^* = 1,27$; $M_3^* = 1,49$; $M_4^* = 5,95$ larni hisoblab topamiz. Bular va $h = 2$ ekanligini e'tiborga olib,

$$m_3 = [M_3^* - 3M_2^*M_1^* + 2(M_1^*)^3] \cdot h^3$$

va

$$m_4 = [M_4^* - 4M_3^*M_1^* + 6M_2^*(M_1^*)^2 - 3(M_1^*)^4] \cdot h^4$$

formulalardan $m_3 = 5,124$, $m_4 = 79,582$ larni topamiz. Endi

$$D_t = [M_2^* - (M_1^*)^2] h^2 = (1,27 - (0,23)^2) 2^2 = 1,2171 \cdot 4 = 4,868$$

ligidan izlanayotgan asimmetriya

$$a_s = \frac{m_3}{\sigma_t^3} = \frac{5,124}{(\sqrt{4,87})^3} = 0,49$$

bo'ladi.

Shuningdek izlanayotgan eksstes

$$e_k = \frac{m_4}{\sigma_t^4} - 3 = \frac{79,582}{(\sqrt{4,87})^4} - 3 = 0,36$$

bo'ladi.

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.

Bajarish uchun masalalar

3.5.9-masala. Bosh to'plam belgisi qiymatlari turli xil bo'lib, ushbu

x_k	1	2	3	4	5
N_k	100	50	60	40	20

ko'rinishda taqsimlangan bo'lsa, bosh o'rtacha qiymati $\bar{x}_B$ ni toping.

3.5.10-masala. Bosh to'plam belgisi X t.m. bo'lib, T.q. quyidagi ko'rinishga ega bo'lsa, uning bosh o'rtacha qiymati $\bar{x}_B$ ni topish:

X	-5	2	3	4
p	0,4	0,3	0,1	0,2

Javob: $\bar{x}_B = -0,3$

3.5.1 -masala. Bog'dagi daraxt nihollarining bo'ylari o'lchanib, quyidagi ma'lumotlar olingan. daraxt nihollarining o'rtacha bo'yni toping:

$x_k(sm)$	121	123	125	127	128
N_k	30	40	60	30	40

Muhokama uchun savollar

1. Tasodifiy miqdorlarning qanday turlarini bilasiz?
2. Tanlama deganda nimani tushunasiz?
3. Diskret va uzluksiz tasodifiy miqdorlarga misol keltiring?
4. Tasodifiy miqdorning asosiy statistik xarakteristikalarini aytib bering?
5. Dispersiya nimani ko'rsatadi?
6. Variatsiya koeffitsiyenti qanday hisoblanadi?
7. Arifmetik o'rtacha qanday hisoblanadi?
8. Moda qanday hisoblanadi?
9. Mediana qanday hisoblanadi?
10. Nazariy taqsimot assimetriyasi qanday hisoblanadi?
11. Nazariy taqsimot eksstes qanday hisoblanadi?

IV BOB

JUFT KORRELYATSION- REGRESSION TAHLIL



4.1. JUFT OMILLI KORRELYASIYA-REGRESSIYA MODELI UCHUN OMILLARNI TANLASH

Iqtisodiy munosabatlarni o'rganish va tahlil qilishda ishlab chiqarish jarayoni muhim ahamiyat kasb etadi. 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.

Omillarning har bir qiymatiga turli sharoitlarida natijaviy belgining o'rtacha qiymatlari orasidagi munosabatni o'rganuvchi bog'lanish korrelyatsion bog'lanish yoki korrelyatsion munosabat deyiladi.

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

Korrelyasiya so'zi lotincha *correlation* so'zidan olingan bo'lib, o'zaro munosabat, muvofiqlik, bog'liqlik degan ma'noga yega.

Hodisa yoki omil va natijaviy belgi orasidagi bog'lanish **juft korrelyasiya** deb ataladi.

Mahsulot ishlab chiqarish, masalan, sanoatda shakar ishlab chiqarishga qand lavlagi miqdori, qand lavlagidagi shakar miqdori, shakar ishlab chiqarish uchun sarflangan ishchi kuchi va qand lavlagini keltirish uchun sarflangan transport xarajatlari kabi omillar ta'sir ko'ratadi. Bu bog'lanishda shakar ishlab chiqarish natijaviy belgi, unga ta'sir etuvchi omillar, ya'ni qand lavlagi miqdori, qand lavlagidagi shakar miqdori, shakar ishlab chiqarish uchun sarflangan ishchi kuchi va qand lavlagini keltirish uchun sarflangan transport xarajatlari esa omil belgidir. Bu ko'p omilli regression bog'lanish.

Masalan, bo'g'doyning hosildorligi unga saflangan mineral o'g'itning miqdoriga ko'ra o'zgaradi. Bu bog'lanishda bo'g'doyning hosildorligi natijaviy belgi, unga ta'sir etuvchi omil, ya'ni mineral o'g'itning miqdori esa omil belgidir. Bu juft regression bog'lanish.

Korrelyatsion bog'lanishlarni o'rganishda ikki toifadagi masalalarni tahlil qilish lozim bo'ladi. Birinchisi 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.

Korrelyasion tahlil deb hodisalar orasidagi bog'lanish zichlik darajasini baholashiga aytiladi.

Juda ko'p hollarda X va Y tasodifiy miqdorlar orasidagi bog'lanishlarni o'rganishga tug'ri keladi. Tasodifiy miqdorlar orasidagi bog'lanish funksional yoki statistik bo'lishi yoki umuman bog'lanish bo'lmashligi mumkin.

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 ehtimoliy 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.

Juft omilli regressiya y omil x orasidagi bog'liqlanish quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$\hat{y} = f(x), (1)$$

x -omil, $\hat{y}$ – natijaviy belgi, n -kuzatishlar soni. Juft omilli regressiya parametrlarini aniqlash uchun zarur bo'lgan ma'lumotlar x -omilni n ta kuzatishni o'z ichiga olgan ma'lumotlar jadvali sifatida qayd etiladi va $\hat{y}$ – natijaviy belgi aniqlanadi.

4.1.1-jadval.

Juft omilli regressiyaning empirik jalval

n	y	x
1	y_1	x_1
2	y_2	x_2
3	y_3	x_3
4	y_4	x_4
...	...	...
n	y_n	x_n

Juft omilli regressiya modellarini tuzishdagi muhim masalalardan biri omillarni tanlash hisoblanadi. U ijtimoiy-iqtisodiy hodisalarni statistik va matematik mezonlardan foydalangan holda miqdoriy jihatdan tahlil qilish asosida amalga oshiriladi.

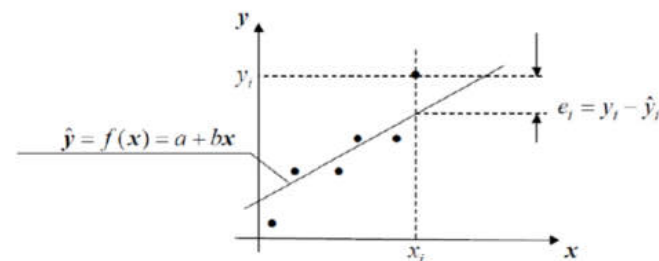
Juft omilli regressiya y ga kattadarajada ta'sir ko'rsatuvchi omil o'rtasidagi bog'liqlikni o'rganadi.

Juft omilli regressiya modeli uchun omillarni tanlash (saralash) uchta bosqichda amalga oshiriladi. Omillarni tanlab olish bosqichlari quyidagilardan iborat:

1. y o'zgaruvchiga ta'sir ko'rsatuvchi omilni oldindan aniqlash.
2. Omillarni qiyosiy baholash va ulardan birini ajratish.
3. Modellarning turli variantlarini tuzishda omillarni yakuniy tanlab olish va ular parametrlarining ahamiyatligini baholash.

Juft omilli regressiya modeliga kiritish uchun regressorlarni tanlash birinchi navbatda tadqiqotchining qarama-qarshi o'zgaruvchining boshqa jarayonlar bilan munosabatlarini bilishi asosida amalga oshiriladi.

Bog'lanish turi $y = a_0 + bx$ ko'rinishida bo'lsin. juftlikning har biri (x_i, y_i) , $i=1, 2, \dots, n$ bitta kuzatishni bildiradi. Barcha nuqtalarning grafikda joylashish diagrammasi 1.1-rasmda ifodalangan.



1.1-rasm

$\hat{y} = f(x)$ model bilan hisoblangan va y_i , $(i=1, 2, \dots, n)$ jadvalda berilgan qiymatlar o'rtasidagi farqlar $e_i = y_i - \hat{y}_i$ qoldiq deb ataladi. $e_i = y_i - \hat{y}_i$ qoldiq minimallashtirilsa, $\hat{y} = f(x)$ model yaxshi deb hisoblanadi.

Korrelyatsion bog'lanish:

•Yunalishlarning 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.

Bog'lanishlarni o'rganishda quyidagi funksiyalardan foydalaniladi:

Chiziqli – $y = a_0 + a_1x$

Ikkinchi darajali parabola – $y = a_0 + a_1x + a_2x^2$

Uchinchi darajali parabola – $y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3$

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

Giperbola – $y = a_0 + \frac{a_1}{x}$

b- darajali giperbola – $y = a_0 + \frac{a_1}{x^b}$

Logarifmik – $\log y = a_0 + a_1 x$

Yarim logarifmik – $y = a_0 + a_1 \ln x$

Ko'rsatkichli funksiya – $y = a_0 a_1^x$

Darajali funksiya – $y = a_0 x_1^{a_1}$

Logistik funksiya – $y = \frac{a_0}{1 + a_1 e^{-bx}}$ va boshqalar.

$\tilde{y} = f(x)$ matematik modelning turini tanlash uchun quyidagi usullar qo'llaniladi:

- grafik (modelning turi ko'rgazma asosida aniqlanadi, nuqtalarning tarqalish diagrammasida joylashishini tahlil qilish);
 - tajriba (bir necha modellar va sifat mezonlariga ko'ra yeng yaxshisini tanlash);
 - analitik (o'rganilayotgan modelar sifati tahlili asosida).
- Korrelatsion bog'lanish:
- Yunalishlarning o'zgarishiga karab, 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.

4.2. CHIZIQLI JUFT REGRESSIYA MODEL PARAMETRLARINI ANIQLASH

Bog'lanish turini to'g'ri chiziqli $\tilde{y} = a_0 + a_1 x$, (4.1) ko'rinishda tanlaymiz.

Funksiyalar parametrlari odatda **“Eng kichik kvadratlar usuli”** bilan aniqlanadi. **“Eng kichik kvadratlar usuli”** ning mazmuni regressiya tenglamasining hisoblangan qiymati bilan y ning haqiqiy qiymatlari orasidagi farqning yig'indisining kvadrati minimal qiymatni qabul qilishi yoki boshqacha qilib aytganda,

$$S = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1 x)^2 \rightarrow \min, (4.2).$$

S funksiyaning shartsiz ekstremumini topish masalasiga kelamiz.

$$S = \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1 x)^2 \quad (4.3) \text{ funksiyadan } a_0 \text{ va } a_1 \text{ parametrlar}$$

bo'yicha hosila olib nolga tenglashtiramiz:

$$\begin{cases} \frac{\partial S}{\partial a_0} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1 x) = 0 \\ \frac{\partial S}{\partial a_1} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1 x) x = 0 \end{cases}, (4.4)$$

Bundan $\tilde{y} = a_0 + a_1 x$ tanlanganda regressiya tenglamasining parametrlarini aniqlash uchun quyidagi normal chiziqli tenglamalar sistemasi kelib chiqadi:

$$\begin{cases} na_0 + a_1 \sum x = \sum y, \\ a_0 \sum x + a_1 \sum x^2 = \sum y \cdot x. \end{cases}, (4.5)$$

Bu yerda:

- n - to'plamning hajmi (birliklar soni);
- $x_1, x_2, \dots, x_n$ - omil belgining haqiqiy qiymatlari;
- $y_1, y_2, \dots, y_n$ - natijaviy belgining haqiqiy qiymatlari.

Sistemaning parametrlarga nisbatan umumiy yechimi ushbu ko'rinishda yoziladi:

$$a_0 = \frac{\sum x^2 \cdot \sum y - \sum x \cdot \sum xy}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}, (4.6)$$

$$a_1 = \frac{n \sum xy - \sum x \cdot \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}, (4.7).$$

4.3. CHIZIQLI BO'LMAGAN JUFT REGRESSIYA MODEL PARAMETRLARINI ANIQLASH

“Eng kichik kvadratlar usuli” ning odatdagi ko'rinishini chiziqli bo'lmagan modellarda qo'llab parametrlarni aniqlab bo'lmaydi. Bu paytda chiziqli bo'lmagan modellarni chiziqli bo'lgan modellar ko'rinishiga keltirib, parametrlarni aniqlash imkoniyati yaratiladi. Chiziqli bo'lmagan modellarni chiziqli bo'lgan modellar ko'rinishiga keltirish quyidagi amallar yordamida bajariladi:

- 1) logarifmlash;
- 2) o'zgaruvchilarni almashtirish;
- 3) potentsiallash.

O'garuvchilarni almashtirish va shakl almashtirish natijasida yangi hosil bo'lgan chiziqli model **“Eng kichik kvadratlar usuli”** bilan tekshiriladi va parametrlar topiladi.

Endi $\hat{y} = a \cdot x^b$ darajali modelning parametrlarini aniqlash masalasini ko'rib chiqamiz. $\hat{y} = a \cdot x^b$ darajali modelni logarifmlaymiz:

$$\ln \hat{y} = \ln(a \cdot x^b); \ln \hat{y} = \ln(a) + b \ln x; \ln \hat{y} = \ln(a) + b \ln x.$$

Demak, $\ln \hat{y} = \ln(a) + b \ln x$ hosil bo'ldi. Bu modelda quyidagi belgilashlarni amalga oshiramiz: $\tilde{y} = \ln \hat{y}$; $\tilde{a} = \ln(a)$; $\tilde{x} = \ln x$. Natijada, $\tilde{y} = \tilde{a} + b \ln x$ model hosil bo'ldi. Hosil bo'lgan chiziqli modelning parametrlari **“Eng kichik kvadratlar usuli”** bilan topiladi.

4.2-jadval.

Ma'lumotlarni almashtirishning empirik jadvali

Berilgan empirik jadval				Almashtirilgan empirik jadval		
№	y	x		№	$\tilde{y} = \ln \hat{y}$	$\tilde{x} = \ln x$
1	y ₁	x ₁	⇔	1	$\tilde{y}_1 = \ln \hat{y}_1$	$\tilde{x}_1 = \ln x_1$
2	y ₂	x ₂		2	$\tilde{y}_2 = \ln \hat{y}_2$	$\tilde{x}_2 = \ln x_2$
3	y ₃	x ₃		3	$\tilde{y}_3 = \ln \hat{y}_3$	$\tilde{x}_3 = \ln x_3$
.	.	.		.	.	.
.	.	.		.	.	.
n	y _n	x _n		n	$\tilde{y}_n = \ln \hat{y}_n$	$\tilde{x}_n = \ln x_n$

Hosil bo'lgan $\tilde{y} = \tilde{a} + b \ln x$, (4.8) chiziqli modelning parametrlari $\tilde{a}$ va b ekstremum nuqtalarni **“Eng kichik kvadratlar usuli”** bilan topamiz:

$$a = \frac{\sum \tilde{x}^2 \cdot \sum \tilde{y} - \sum \tilde{x} \cdot \sum \tilde{x} \cdot \tilde{y}}{n \sum \tilde{x}^2 - (\sum \tilde{x})^2}, \quad (4.9)$$

$$b = \frac{N \sum \tilde{x} \cdot \tilde{y} - \sum \tilde{x} \cdot \sum \tilde{y}}{n \sum \tilde{x}^2 - (\sum \tilde{x})^2}, \quad (4.10)$$

Asl holatga o'tish uchun $\tilde{y} = \tilde{a} + b \ln x$ funksiyani e asosga ko'ra logarifmlaymiz:

$$e^{\tilde{y}} = e^{\tilde{a} + b \ln x} = e^{\tilde{a}} \cdot e^{b \ln x}.$$

Oxirgi natijada quyidagi almashtirishlarni amalga oshiramiz:

$$\tilde{y} = \ln \hat{y}; \tilde{a} = \ln a; \tilde{x} = \ln x.$$

Oxirgi natijadan quyidagini hosil qilamiz:

$$e^{\ln \hat{y}} = e^{\tilde{a}} \cdot e^{b \ln x}.$$

Izlanayotgan darajali modelning ko'rinishi quyidagicha bo'ladi:

$$\hat{y} = e^{\tilde{a}} \cdot x^b.$$

4.4. GAUSS-MARKOV TEOREMASI

Regression modelda tasodifiy miqdorlar baholanayotganligi tufayli x va y kuzatishlarni tasodifiy miqdorlar sifatida qaraymiz. Regressiya tenglamasining tenglamalari turli xil usullar bilan bahlanishi mumkin. Bu holda baholashning siljimagan, asosli va effektiv baho usullaridan foydalanamiz.

Faraz qilaylik, $(X_1, \dots, X_n)$ X tasodifiy miqdorning hajmi n ga teng bo'lgan tanlanmasi bo'lsin.

Ta'rif. $X_1, \dots, X_n$ kuzatilmalarning ixtiyoriy $T_n = T(X_1, \dots, X_n)$ funksiyasi statistika deyiladi.

Ta'rif. Agar $T_n \in \Theta$ bo'lsa, u holda T_n statistika noma'lum parametr θ uchun baho deb ataladi.

Ta'rifdan kelib chiqadiki, bitta parametr uchun bir necha statistik baho taklif qilinishi mumkin. Shuning uchun, statistik baholardan ma'lum ma'noda “yaxshi” xossalarga ega bo'lishlari talab etiladi. Odatda har qanday statistik baholarning quyidagi xossalarga ega bo'lishligi maqsadga muvofiqdir.

Ta'rif. Agarda n cheksizga intilganda $T(X_1, \dots, X_n)$ statistika ehtimol bo'yicha noma'lum parametr θ ga yaqinlashsa, ya'ni ixtiyoriy kichik $\varepsilon > 0$ son uchun

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P\{|T(X_1, \dots, X_n) - \theta| < \varepsilon\} = 1, \quad (4.11)$$

munosabat o'rinli bo'lsa, u holda $T(X_1, \dots, X_n)$ statistik baho asosli baho deyiladi.

Ta'rif. Agar statistik bahoning matematik kutilmasi noma'lum parametrga teng, ya'ni

$$MT_n = MT(X_1, \dots, X_n) = \theta, \quad (4.12)$$

bo'lsa, statistik baho siljimagan baho deyiladi.

Ta'rif. Agar statistik baho $T_n = T(X_1, \dots, X_n)$, (4.13) uchun, $b = MT(X_1, \dots, X_n) - \theta \neq 0$, (4.14) bo'lsa, u siljigan baho deyiladi va b – siljish kattaligi bo'ladi.

Ta'rif. Agar $\inf DT(X_1, \dots, X_n) = DT^*(X_1, \dots, X_n)$, $T(X_1, \dots, X_n) \in U$, (4.15) bo'lsa, $T^*(X_1, \dots, X_n)$ – statistik baho effektiv baho deyiladi.

Xulosa qilib quyidagilarni keltirish mumkin.

Baholanayotgan parametrlarning matematik kutilishi izlanayotgan parametrga teng bo'lsa, siljimagan baho deyiladi.

Baholanayotgan parametrlarning bahosi kuzatishlar soni ortganda biror ehtimollik bilan parametrga yaqinlashsa, asosli (muhim) baho deyiladi.

Siljimagan baholar sinfida dispersiyasi eng kichik bo'lgan baho effektiv baho deyiladi.

Guss-Markov teoremasi. Agar quyidagi tasdiqlar bajarilsa:

1) baholanayotgan a va b parametrlarda model chiziqli bo'lganda:

$$y_i = a_0 + a_1 x_i + e_i, i = 1, 2, 3, \dots, n, (4.16)$$

2) $x_i (i = 1, 2, 3, \dots, n)$ -determinantlashgan qiymatlar;

3.1) e tasodifiy miqdorning matematik kutilishi ixtiyoriy kuzatishlarda nolga teng bo'lsa: $M(e) = 0$;

3.2) e tasodifiy miqdorning qiymatlari ixtiyoriy kuzatishlarda korrelyasiyalashmasa, ya'ni,

$M(e_i, e_j) = 0, i \neq j$ bo'lganda; u holda "**Eng kichik kvadratlar usuli**" bilan aniqlanganda chiziqli siljimagan baholar sinfida siljimagan, asosli va effektiv baho bo'ladi.

4.5. JUFT REGRESSIYANING SIFAT TAHLILI

4.5.1. Regression - dispersion tahlili

4.1-jadval.

Juft regressiyaning dispersion tahlili

Variatsiya y	Ozodlik darajasi	Kvadratlar yig'indisi	O'rtacha kvadrat	F
Omili	$\nu_{omil} = 1$	$SS_{omil} = \sum (\bar{y} - \bar{y})^2$	$MS_{omil} = \frac{SS_{omil}}{\nu_{omil}}$	$F = \frac{MS_{omil}}{MS_{qoldiq}}$
Qoldiqli	$\nu_{qoldiq} = n - 2$	$SS_{qoldiq} = \sum (y - \bar{y})^2$	$MS_{qoldiq} = \frac{SS_{qoldiq}}{\nu_{qoldiq}}$	
Umumiy	$\nu_{umum} = n - 1$	$SS_{umum} = \sum (y - \bar{y})^2$		

Dispersion tahlilning asosiy asosiy ayniyati quyidagicha bo'ladi:

$$SS_{umum} = SS_{omil} + SS_{qoldiq}, (4.17)$$

S standart xato yoki qoldiqli dispersiya S^2 tanlanayotgan modellarning adekvatligini baholash uchun qo'llaniladi.

Dispersion tahlildan foydalanilib juft korrelyasiya koeffitsiyenti quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$R = (a_1 \text{ ning ishorasi}) \sqrt{\frac{SS_{omil}}{SS_{umum}}}, (4.18)$$

R korrelyasiya koeffitsient y natijaviy omil va x omillar orasidagi bog'lanish zichligini aniqlaydi.

4.5.2. Fisher mezon (F-mezon)

Modelning zichligi va adekvatligini baholash uchun *Fisher mezonidan foydalaniladi.*

Quyidagi statistik gipoteza qo'yiladi:

$$H_0: a_1 = 0$$

Boshqacha qilib aytganda x - omil y natijaviy ko'rsatkichga deyarli ta'sir qilmaydi.

F-mezon bo'yicha haqiqiy qiymat ushbu formula bilan hisoblanadi:

$$F_{haq} = \frac{MS_{omil}}{MS_{qoldiq}} = \frac{R^2}{1 - R^2} \cdot \frac{n - 2}{1}, (4.19)$$

bunda n - kuzatishlar soni; p - modelda qatnashayotgan erkli omil soni;

R^2 -determinasiya koeffitsiyenti.

Endi Fisherning kvantel taqsimot jadvalidan (Ilova 2) $F_{haq}(\alpha, k_1, k_2)$ ning qiymati topiladi. Bunda $k_1 = p - 1$ va $k_2 = n - 2$.

Agar $F_{haq} \leq F_{jad}$ tengsizlik o'rinli bo'lsa, u holda H_0 gipoteza qabul qilinadi. Bu holda regressiya tenglamasi muhim emas. Aks holda, regressiya tenglamasi muhim

Modelning adekvatligini baholash uchun quyidagi qoidadan foydalaniladi:

$$F_{haq} > 4 \cdot F_{jad}, (4.20)$$

reregssiya tenglamasi adekvativ va uni prognoz qilish mumkin bo'ladi.

4.5.3. Juft korrelyasiya koeffitsiyenti va determinasiya koeffitsiyenti

Juft korrelyasiya koeffitsiyenti x omil bilan natijaviy ko'rsatkich y orasidagi bog'liqlikning zichligini aniqlaydi.

Dispersion tahlildan foydalanilib juft korrelyasiya koeffitsiyenti quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$R = r = \frac{n \sum xy - \sum x \cdot \sum y}{\sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \cdot \sqrt{n \sum y^2 - (\sum y)^2}}, (4.21)$$

yoki

$$R = a_1 \frac{\sigma_x}{\sigma_y}, (4.22) \text{ bunda}$$

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

Determinatsiya koeffitsiyenti korrelyasiya 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

Amaliyotda Cheddok shkalalaridan foydalaniladi:

- 1) agar $|r_{xy}| < 0,3$ bo'lsa, u holda x va y o'rtasida bog'lanish bo'sh;
- 2) agar $|r_{xy}| = 0,3 \div 0,5$ bo'lsa, u holda x va y o'rtasida bog'lanish o'rtamiyona;
- 3) agar $|r_{xy}| = 0,5 \div 0,7$ bo'lsa, u holda x va y o'rtasida bog'lanish sezilarli;
- 4) agar $|r_{xy}| = 0,7 \div 0,9$ bo'lsa, u holda x va y o'rtasida bog'lanish yuqori;
- 5) agar $|r_{xy}| = 0,9 \div 0,99$ bo'lsa, u holda x va y o'rtasida bog'lanish juda yuqori bo'ladi.

4.5.4. t-STYUDENT MEZONINING QO'LLANILISHI

t-Styudent mezoni alohida regressorlar uchun qo'llaniladi. Bu esa modelning optimal tarkibini tuzish uchun imkoniyatini amalga oshiradi..

a_j parametrning muhimligini aniqlaydi va x_j omillarning natijaviy ko'rsatkichga bog'liq emaslik gipotezasini ilgari suramiz:

$$H_0: a_1 = 0 \text{ yoki } H_0: a_0 = 0.$$

a_0 va a_1 parametrlarni baholash uchun statistikada *t-Styudent mezoni*

quyidagicha hisoblanadi:

$$t_{a_1} = \frac{a_1}{S_{a_1}}, t_{a_0} = \frac{a_0}{S_{a_0}}, t_r = \frac{R}{S_r} \quad (4.23)$$

Bu yerda $S_{a_1}^2 = S^2 \cdot \frac{1}{\sum (x - \bar{x})^2}$, $S_{a_0}^2 = S^2 \cdot \frac{\sum x^2}{n \cdot \sum (x - \bar{x})^2}$,

$$S^2 = \frac{\sum (y - \bar{y})^2}{n-2}, S_r = \sqrt{\frac{1-R^2}{n-2}}.$$

t-Styudent mezoni bo'yichajadvaldan $t_{jad}(\alpha, n-1)$ (1-ilova) dan topiladi. Bunda $n-2$ -ozol darajalar soni, α -muhimlik darajasi.

Agar $|t_{a_1}| > t_{jad}(\alpha, n-2)$ bo'lsa, a_1 muhim, aks holda muhim emas. Agar $|t_{a_0}| > t_{jad}(\alpha, n-2)$ bo'lsa, a_0 muhim, aks holda muhim emas.

4.5.5. PARAMETRLARNI JOYLASHISH ORALIG'INI ANIQLASH

a_0 va a_1 parametrlarning qiymatlari aniqlangandan so'ng ularni joylashish oralig'ini aniqlash ham muhim vazifalardan biridir.

Parametrlarning ishonchlilik oraliqlarini ulaning qiymatining ma'lum bir oraliq ichida o'zgarishiga aytiladi. Parametrlarning ishonchlilik oraliqlari $p=1-\alpha$ ehtimollik bilan aniqlanadi.

Juft chiziqli regressiya tenglamasining ishonchlilik oraliqlari quyidagi formulalar bilan topiladi:

a_j parametr uchun p ehtimollik bilan ishonchlilik oralig'i quyidagi formula bilan topiladi:

$$I_p = (a_0 - t_{tab}(\alpha, n-2) \cdot S_{a_0}; a_0 + t_{tab}(\alpha, n-2) \cdot S_{a_0}), \quad (4.24)$$

$$I_p = (a_1 - t_{tab}(\alpha, n-2) \cdot S_{a_1}; a_1 + t_{tab}(\alpha, n-2) \cdot S_{a_1}), \quad (4.25)$$

$$S_{a_1} = \frac{\sqrt{\sum (y - \bar{y})^2}}{\sqrt{(n-2) \sum (x - \bar{x})^2}}, S_{a_0} = \frac{\sqrt{\sum x^2} \cdot \sqrt{\sum (y - \bar{y})^2}}{\sqrt{n \cdot (n-2) \sum (x - \bar{x})^2}}, \quad (4.26)$$

bu yerda $S_{aj} - a_j$ parametrning standart xatosi.

t-Styudent mezoni alohida regressorlar uchun jadvaldan $t_{jad}(0,05; n-2)$ dan topiladi, bunda $k=n-2$ ozod daraja deyiladi, n -kuzatishlar soni. Yu.Ye.Kuvayskovanning "Ekometrika" kitobining Styudent mezoni 1-ilovasiga asosan $t_{jad}(0,05; 16) = 2,12$ ga teng.

4.5.6. O'RTACHA ELASTIKLIK KOEFFISIYENTLARI

Elastiklik koeffitsiyenti x erkli omil 1% ga o'zgarganda y natijaviy omilning qiymatining o'zgarishini bildiradi va quyidagi formula bilan topiladi:

$$E = \bar{y}'(x_k) \cdot \frac{x_k}{\bar{y}(x_k)}, \quad (4.27)$$

Chiziqli regressiya tenglamasining x_k qiymati uchun elastiklik koeffitsiyenti bildiradi va quyidagi formula bilan topiladi:

$$E = a_1 \cdot \frac{x_k}{a_0 + a_1 x_k}, \quad (4.28)$$

Chiziqli regressiya tenglamasining o'rtacha elastiklik koeffitsiyenti quyidagi formula bilan topiladi:

$$\bar{E} = a_1 \cdot \frac{\bar{x}}{\bar{y}}, \quad (4.29)$$

O'rtacha elastiklik koeffitsiyentlari x omilning o'rtacha qiymati 1% ga o'zgarganda y natijaviy omilning qiymati o'rtacha o'zgarishini bildiradi.

4.5.7. NUQTADA VA ORALIQDA PROGNOZ QILISH

Nuqtada prognoz qilish uchun $\tilde{y} = a_0 + a_1x$ regressiya tenglamasiga $x=x_k$ nuqtada qiymati topiladi va berilgan y_k bilan taqqoslanadi.

Oraliqda prognoz qilishda $\tilde{y} = a_0 + a_1x$ regressiya tenglamasiga $x=x_k$ nuqtada qiymati topiladi va uning atrofida o'zgarish oralig'ini p ehtimollik bilan aniqlanadi:

$$I_p = (y_k - t_{tab}(\alpha, n-2) \cdot S_{y_k}; y_k + t_{tab}(\alpha, n-2) \cdot S_{y_k}), (4.30)$$

$$S_{y_k} = \sqrt{\frac{\sum (y - \tilde{y})^2}{n-2} \cdot \left(1 + \frac{1}{n} + \frac{(x_k - \bar{x})^2}{\sum (x - \bar{x})^2}\right)}, (4.31)$$

bu yerda $S_{y_k} - y_k$ qiymatning standart xatosi.

t -Student mezon alohida regressorlar uchun jadvaldan $t_{jad}(0,05; n-2)$ dan topiladi, bunda $k=n-2$ ozod daraja deyiladi, n -kuzatishlar soni.

4.5.8. O'RTACHA APROKSIMATSIYA XATOSI

y ning berilgan qiymatlari va topilgan model bo'yicha hisoblangan qiymatlar orasidagi farq modelning aproksimatsiya xatosi deyiladi. $y_i - \tilde{y}_i$ qiymatlari musbat va manfiy bo'ladi, u holda aproksimatsiya xatosi modul bo'yicha foizlarda hisoblanadi.

O'rtacha aproksimatsiya xatosi quyidagi formula bilan topiladi:

$$A = \left(\frac{1}{n} \sum \left| \frac{y - \tilde{y}}{y} \right| \right) \cdot 100\%, (4.32)$$

Bu miqdor 8-10% dan kam bo'lgani uchun qurilgan model sifati yaxshi deb baholanadi.

Darbin-Uatson mezon bo'yicha avtokorrelyatsiya mavjudligi yoki mavjud emasligini tekshirish uchun qoldiqlarning avtokorrelyatsiyasi tekshiriladi. Avtokorrelyatsiyaning mavjudligi bir necha qadamlarda tekshiriladi. Tekshirish 0-4 oraliq bo'yicha bir nechta qismlarda tekshiriladi.

Darbin-Uatson mezon bo'yicha avtokorrelyatsiyaning mavjud yoki mavjud emasligini aniqlash

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

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

Hozirgi vaqtda avtokorrelyatsiya mavjudligini tekshirishda Darbin-Uatson mezon qo'llanadi:

$$DW = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2}, (4.33)$$

Darbin-Uatson mezon bo'yicha avtokorrelyatsiya mavjudligi yoki mavjud emasligini tekshirish uchun qoldiqlarning avtokorrelyatsiyasi tekshiriladi. Avtokorrelyatsiyaning mavjudligi bir necha qadamlarda tekshiriladi. Tekshirish 0-4 oraliq bo'yicha bir nechta qismlarda tekshiriladi.

4.7-jadval

O	Musbat avtokorrelyatsiya	DW1	Aniqmaslik sohasi	DW2	Avtokorrelyatsiya mavjud emas	4-DW2	Aniqmaslik sohasi	4-DW1	Manfiy avtokorrelyatsiya	4
---	--------------------------	-----	-------------------	-----	-------------------------------	-------	-------------------	-------	--------------------------	---

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.

H_0 : avtokorrelyatsiya mavjud emas degan gipoteza.

Agar

1) $0 < DW < DW_1$ bo'lsa, H_0 gipoteza qabul qilinmaydi, musbat avtokorrelyatsiya mavjud;

2) $DW_1 < DW < DW_2$ bo'lsa, avtokorrelyatsiyaning mavjudligi aniq emas. Noaniqlik sohasi;

3) $DW_2 < DW < 4-DW_2$ bo'lsa, H_0 gipoteza qabul qilinadi, avtokorrelyatsiya mavjud emas;

4) $4-DW_2 < DW < 4DW_1$ bo'lsa, avtokorrelyatsiyaning mavjudligi aniq emas. Noaniqlik sohasi;

5) $4-DW_2 < DW < 4I$ bo'lsa, H_0 gipoteza qabul qilinmaydi, manfiy avtokorrelyatsiya mavjud;

$$DW = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2} = \frac{\sum_{t=2}^n e_t^2 - 2 \sum_{t=2}^n e_t \cdot e_{t-1} + \sum_{t=2}^n e_{t-1}^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2} = \frac{\sum_{t=2}^n e_t^2 + \sum_{t=1}^{n-1} e_t^2 - 2 \sum_{t=2}^n e_t \cdot e_{t-1}}{\sum_{t=1}^n e_t^2} =$$

$$= \frac{e_1^2 + e_n^2 + 2 \sum_{t=2}^{n-1} e_t^2 - 2 \sum_{t=2}^{n-1} e_t \cdot e_{t-1}}{\sum_{t=1}^n e_t^2} \approx 2 - 2 \cdot \frac{\sum_{t=2}^{n-1} e_t \cdot e_{t-1}}{\sum_{t=1}^n e_t^2} = 2(1 - r_1), (4.34)$$

$DW=2$ bo'lganda, birinchi tartibli avtokorrelatsiya mavjud bo'lmaydi: $r_1=0$;

$DW=4$ soniga yaqinlashganda, birinchi tartibli avtokorrelatsiya mavjud bo'ladi: $r_1=-1$;

$DW=0$ bo'lganda, birinchi tartibli avtokorrelatsiya mavjud

4.2-jadval

O	Musbat avtokorrelatsiya	DW1	Aniqmaslik sohasi	DW2	Avtokorrelatsiya mavjud emas	4-DW2	Aniqmaslik sohasi	4-DW1	Manfiy avtokorrelatsiya	4
---	-------------------------	-----	-------------------	-----	------------------------------	-------	-------------------	-------	-------------------------	---

1-qadam. Darbin-Uatson formulasi

$$DW = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2}, (4.35)$$

bo'yicha hisoblashlarni amalga oshiramiz. DW ning qiymatlari 0-4 oraliqqa tegishli bo'lishi mumkin.

2-qadam. Yordamchi jadval tuzib DW ni aniqlaymiz.

Ilovadagi Darbin-Uatson jadvalida masalan, ko'zatishlar soni 12 ta va rarametrlar soni 1 ta ekalgidan $DW_1=0,971$; $DW_2=1,32$; $4-DW_2=2,68$; $4-DW_1=3,029$ nuqtalarni aniqladik. Bu ma'lumotlar ososida quyidagi 1-chizmani yasaymiz:

4.3-jadval

Darbin-Uatson mezon asosida tuzilgan oraliqlar

	Musbat avtokorrelatsiya	DW1	Aniqmaslik sohasi	DW2	Avtokorrelatsiya mavjud emas	4-DW2	Aniqmaslik sohasi	4-DW1	Manfiy avtokorrelatsiya	4
0		0,971		1,32	DW=2,33	2,68		3,029		4

$DW=2,33$ avtokorrelatsiya mavjud emas degan oraliqda ekanligidan. Avtokorrelatsiya yo'q va regressiya tenglamasi muhimligi aniqlandi.

4.1-masala. Aholi tamonidan qo'yilgan depozitlarning yil davomidagi inflyatsiya orasidagi bog'lanish berilgan.

4.4-jadval.

x	23	15	28	29	30	40	44	47	25	29	34	43
y	0.12	0.145	0.124	0.120	0.165	0.186	0.201	0.196	0.105	0.145	0.156	0.185

Jadval 4.4.ma'lumotlariga asosan quyidagi topsiriqlar bajarilsin:

1. Juft chiziqli regressiya tenglamasi tuzilsin.
2. Kvadratik qoldiq S_{qoldiq} , parametrlarning dispersiyalari $S_{a_0}^2$ va $S_{a_1}^2$ baholansin.
3. O'rtaca approksimatsiya xatosi aniqlansin.
4. Depozit o'rtacha 3% ga o'sganda inflyatsiya darajasi tahlil qilinsin.
5. Prognozning $p=0,95$ ehtimollik bilan ishonchlilik oraliqlari aniqlansin.
6. Darbin-Uatson mezon bo'yicha avtokorrelatsiyaning mavjud yoki mavjud emasligini aniqlang.

Masalaning yechilishi

1. Juft chiziqli regressiya tenglamasi tuzish

Hisoblashlarni amalga oshirish yordamchi javal 4.4. asosida bajamiz.

4.5-jadval.

n	x	y	x^2	y^2	$x \cdot y$
1	23	120	529	14400	2760
2	15	145	225	21025	2175
3	28	124	784	15376	3472
4	29	120	841	14400	3480
5	30	165	900	27225	4950
6	40	186	1600	34596	7440
7	44	201	1936	40401	8844
8	47	196	2209	38416	9212
9	25	105	625	11025	2625
10	29	145	841	21025	4205
11	34	156	1156	24336	5304
12	43	185	1849	34225	7955
yig'indi	387	1848	13495	296450	62422
o'rtacha	32,25	154	1124,583	24704,17	5201,833

1. Juft chiziqli regressiya tenglamasi tuzish

Regressiya tenglamasi $\tilde{y} = a_1 \cdot x + a_0$ ko'rinishda izlanadi. Kuzatishlar soni $n=12$. x va y ma'lumotlari asosida o'rtacha qiymatlarini aniqlaymiz.

$$\bar{x} = (\sum x)/n = 387/12 = 32,25; \quad \bar{y} = (\sum y)/n = 1,848/12 = 154.$$

Regressiya tenglamasining parametrlarini

$$a_1 = \frac{N \sum xy - \sum x \sum y}{N \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad \text{va} \quad a_0 = \frac{\sum x^2 \sum y - \sum x \sum xy}{N \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad \text{formulalar asosida}$$

aniqlaymiz:

$$a_1 = \frac{12 \cdot 62442 - 387 \cdot 154}{12 \cdot 13495 - 387^2} = 2,78$$

- x ning oldidagi koeffitsiyent;

$$a_0 = \frac{13495 \cdot 1848 - 387 \cdot 62442}{12 \cdot 13495 - 387^2} = 64,2 \quad \text{- ozod had;}$$

Izlanayotgan regressiya tenglamasi $\tilde{y} = 2,78 \cdot x + 64,2$ dan iborat.

2. Kvadratik qoldiq S_{qoldiq} , parametrlarning dispersiyalari

$S_{a_0}^2$ va $S_{a_1}^2$ baholash

Dastlab qoldikli dispersiyani aniqlaymiz. Buning uchun y_i ning qiymatidan $\tilde{y}_i$ ning qiymatlarini hadma-had ayiramiz.

4.6-jadval.

n	x	y	(x-xur)*2	(y-yur)*2	(x-xur)*(y-yur)
1	23	120	85,5625	1156	314,5
2	15	145	297,5625	81	155,25
3	28	124	18,0625	900	127,5
4	29	120	10,5625	1156	110,5
5	30	165	5,0625	121	-24,75
6	40	186	60,0625	1024	248
7	44	201	138,0625	2209	552,25
8	47	196	217,5625	1764	619,5
9	25	105	52,5625	2401	355,25
10	29	145	10,5625	81	29,25
11	34	156	3,0625	4	3,5
12	43	185	115,5625	961	333,25
yig'indi	387	1848	1014,25	11858	2824

n	x	y	ytul	(y-ytul)kv	yurt-ytul	(yurt-ytul)kv	A
1	23	120	128,245	67,98017	-25,755	663,3195806	0,068708
2	15	145	105,9704	1523,308	-48,0296	2306,840411	0,26917
3	28	124	142,1666	330,0263	-11,8334	140,02875	0,146505
4	29	120	144,9509	622,5499	-9,04905	81,88532442	0,207925
5	30	165	147,7353	298,0708	-6,26473	39,24681229	0,104635
6	40	186	175,5785	108,6075	21,57851	466,6319335	0,05603
7	44	201	186,7158	204,0384	32,7158	1070,32356	0,071066
8	47	196	195,0688	0,867189	41,06877	1686,643872	0,004751
9	25	105	133,8137	830,2267	-20,1863	407,4885079	0,274416
10	29	145	144,9509	0,002406	-9,04905	81,88532442	0,000338
11	34	156	158,8726	8,251635	4,872566	23,7418988	0,018414
12	43	185	183,9315	1,14743	29,93148	895,8932831	0,005776
yig'indi	387	1848	1848	3995,071	0	7862,929258	1,227732

a_0 va a_1 parametrlarning kvadratik chetlashishlari quyidagicha aniqlanadi:

$$S_{a_0} = \sqrt{\frac{\sum (y - \tilde{y})^2}{n-2}} \cdot \sqrt{\frac{\sum (y - \bar{y})^2}{n \sum (x - \bar{x})^2}} = 21,04677;$$

$$S_{a_1} = \sqrt{\frac{\sum (y - \tilde{y})^2}{n-2}} \cdot \sqrt{\frac{1}{\sum (x - \bar{x})^2}} = 0,62761;$$

$$S_r = \sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}} = 0,1836.$$

Styudent mezon bo'yicha sifatini baholaymiz:

$$t_{a_0} = \frac{a_0}{S_{a_0}} = \frac{64,2}{21,046} = 3,05;$$

$$t_{a_1} = \frac{a_1}{S_{a_1}} = \frac{2,78}{0,6276} = 4,436;$$

$$t_r = \frac{r}{S_r} = 4,436;$$

t jad(0,05,12-2)=Styudent.OBR.2X(0,05;12-2)=2,23 ekanligi kelib chiqdi.

Ozod darajalar bo'yicha jadvaldan kritik qiymati aniqlanadi:

$$\gamma = n - 2 = 12 - 2 = 10; \quad t_{0,5} = 2,23;$$

Parametrlarning ishonchlilik intervallari quyidagicha topiladi:

$$r \pm t_{0,5} \cdot S_r; \quad a_0 \pm t_{0,5} \cdot S_{a_0}; \quad a_1 \pm t_{0,5} \cdot S_{a_1}.$$

$$r \pm t_{0,5} \cdot S_r = 0,8143 \pm 2,23 \cdot 4,44 = 0,8143 \mp 0,40932; (0,405 \div 1,00);$$

$$a_0 \pm t_{0,5} \cdot Sa_0 = 64,2 \pm 2,23 \cdot 21,047 = 64,2 \pm 46,9; (17,3 \div 111,1)$$

$$a_1 \pm t_{0,5} \cdot Sa_1 = 2,7832 \pm 2,23 \cdot 4,436 = 2,7832 \pm 1,39957; (1,3848 \div 4,1839)$$

Styudent t-mezoni ($t_{his} > t_{0,5}$) shartida korrelyasiya koeffitsiyenti va regressiya tenglamasi ahamiyatli bo'ladi. Nolinchi gipoteza 5 % li darajadan oshmaydi.

ta_0, ta_1 larning qiymati $> t_{jad}(0,05, 12-2)$
 $= \text{СТБЮДЕНТ.ОБР.2X}(0,05; 12-2) = 2,23$ ekanligi dan a_0 va a_1 parametrlar ahamiyatli.

3. O'rtacha aproksimatsiya xatosi aniqlash

O'rtacha aproksimatsiya xatosi quyidagi formula bilan topiladi:

$$A = \left(\frac{1}{n} \sum \left| \frac{y - \hat{y}}{y} \right| \right) \cdot 100\%.$$

Bu miqdor 8-10% dan kam bo'lgani uchun qurilgan model sifati yaxshi deb baholanadi.

O'rtacha aproksimatsiya xatosini aniqlaymiz:

$$A = \left(\frac{1}{12} \cdot 1,22628 \right) \cdot 100 = 0,10219 = 10,219\%.$$

Aproksimatsiya xatosi 10,210 % ekanligi, ya'ni 10 % dan ortiq bo'lganligi sababli regressiya tenglamasi sifatli tanlanmagan.

4. Depozit o'rtacha 3% ga o'sganda inflyasiya darajasi tahlil qilish

x ning o'rtacha qiymati 3 % ga oshganda inflyasiya darajasining o'zgarishini aniqlaymiz: $\bar{x} = 32,25$;

$$x_k = \bar{x} + 0,03 \cdot \bar{x} = 32,25 + 0,9675 = 33,2175.$$

Endi

$$y = 0,0277 \cdot x + 0,0645 = 0,0645 + 0,0277 \cdot 33,2175 = 0,1565\%$$

ekanligi kelib chiqdi. Demak, inflyasiya darajasi o'rtacha 0,16 % ga oshgan.

5. Prognozning p=0,95 ehtimollik bilan ishonchlilik oraliqlari aniqlash

Alohida qiymat uchun prognozning standart xatosini topamiz:

$$S_{y_x} = \sqrt{\frac{\sum (y - \hat{y})^2}{n-2}} \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(x_k - \bar{x})^2}{\sum (x - \bar{x})^2}} = 0,0039 \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{12} + \frac{(33,2175 - 32,25)^2}{1014,25}} = 0,20740181$$

t-Styudent mezoni alohida regressorlar uchun jadvaldan $t_{jad}(0,05; n-2)$ dan topiladi, bunda $k=n-2$ ozod daraja deyiladi, n-kuzatishlar soni. $t_{jad}(0,05; 12-2) = t_{jad}(0,05; 10) = 2,23$ jadvaldan topilgan qiymat.

Bu ma'lumotlarga asosanib ishonchlilik oralig'ini aniqlaymiz:

$$I_p = (y_k - t_{tab}(\alpha, n-2) \cdot S_{y_k}; y_k + t_{tab}(\alpha, n-2) \cdot S_{y_k});$$

$$I_p = (0,1566 - 2,23 \cdot 0,02074; 0,1566 + 2,23 \cdot 0,02074).$$

Demak, $I_p = (0,1103; 0,2028)$ ishonchlilik oralig'i bo'ladi.

Darbin-Uatson mezon bo'yicha avtokorrelyasiya mavjudligi yoki mavjud emasligini tekshirish uchun qoldiqlarning avtokorrelyasiyasi tekshiriladi. Avtokorrelyasiyaning mavjudligi bir necha qadamlarda tekshiriladi. Tekshirish 0-4 oraliq bo'yicha bir nechta qismlarda tekshiriladi.

4.8-jadval

O	Musbat avtokorrelyasiya	DW1	Aniqmaslik sohasi	DW2	Avtokorrelyasiya mavjud emas	4-DW2	Aniqmaslik sohasi	4-DW1	Manfiy avtokorrelyasiya	4

1-qadam. Darbin-Uatson formulasi

$$DW = \frac{\sum_{i=2}^n (e_i - e_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^n e_i^2}, (1)$$

bo'yicha hisoblashlarni amalga oshiramiz. DW ning qiymatlari 0-4 oraliqqa tegishli bo'lishi mumkin.

2-qadam. Yordamchi jadval tuzib DW ni aniqlaymiz.

4.8-jadval

n	et	et*2	e _t -e _{t-1}	(e _t -e _{t-1})*2
1	-8,245008627	67,98017	-	-
2	39,02957851	1523,308	47,27459	2234,886589
3	-18,16662559	330,0263	-57,1962	3271,405762
4	-24,95094898	622,5499	-6,78432	46,02704388
5	17,26472763	298,0708	42,21568	1782,163351
6	10,42149371	108,6075	-6,84323	46,82985044
7	14,28420015	204,0384	3,862706	14,92050099
8	0,931229973	0,867189	-13,353	178,3018125
9	-28,81365541	830,2267	-29,7449	884,7582065
10	0,049051023	0,002406	28,86271	833,0558227
11	-2,872565935	8,251635	-2,92162	8,535845651
12	1,06852354	1,141743	3,941089	15,53218625
Yigindi		3995,071		9316,416971

2.4-jadval ma'lumotlariga ko'ra $DW = \frac{9316,42}{3995,07} = 2,33$

ekanligi kelib chiqdi. Ilovadagi Darbun-Uatson jadvalida ko'zatishlar soni 12 ta va rarametrlar soni 1 ta ekanligidan $DW_1=0,971$; $DW_2=1,32$; 4- $DW_2=2,68$; 4- $DW_1=3,029$ nuqtalarni aniqladik. Bu ma'lumotlar ososida quyidagi 2.5-jadvalni yasaymiz:

2.5-jadval

Darbun-Uatson mezon asosida tuzilgan oraliqlar

O	Musbat avtokorrelyasiya	DW1	Aniqmaslik sohasi	DW2	Avtokorrelyasiya mavjud emas	4-DW2	Aniqmaslik sohasi	4-DW1	Manfiy avtokorrelyasiya	4
O		0,971		1,32	2,33	2,68		3,029		4

Darbun-Uatson mezon asosida tuzilgan oraliqlarga ko'ra avtokorrelyasiya mavjud emas.

4.2-masala. 10 yilda x-ishchining oylik maoshi jamgarilganda y-jamg'armaning bog'liqligi $y = 2,14 + 4,36 \cdot x$ regressiya tenglamasi bilan berilgan.

$$SS_{omil} = \sum (\tilde{y} - \bar{y})^2 = 710,15; SS_{qoldiq} = \sum (y - \tilde{y})^2 = 30,25$$

ekanligi ma'lum.

Quyidagilar

- 1) dispersiyaning tahlil jadvali tuzilsin;
- 2) Fisher mezoni bo'yicha modelning sifati baholansin;
- 3) korrelyasiya koeffitsiyenti va determinasiya koeffitsiyenti

topilsin.

Yechish.

1) Dispersiyaning tahlil jadvalini tuzish

Masala shartiga ko'ra $SS_{omil} = \sum (\tilde{y} - \bar{y})^2 = 710,15$;

$SS_{qoldiq} = \sum (y - \tilde{y})^2 = 30,25$ ekanligi ma'lum. Dispersion tahlilning asosiy asosiy ayniyati quyidagicha bo'ladi:

$$SS_{umum} = SS_{omil} + SS_{qoldiq}.$$

Demak, $SS_{umum} = 710,15 + 30,25 = 740,4$.

O'rtacha kvadratlarni bag'olaymiz:

$$MS_{omil} = \frac{SS_{omil}}{v_{omil}} = \frac{710,15}{1} = 710,15;$$

$$S^2 = MS_{qoldiq} = \frac{SS_{qoldiq}}{v_{qoldiq}} = \frac{30,25}{10-2} = 3,78.$$

Fisher mezoni bo'yicha F_{his} ni g'isoblaymiz:

$$F = \frac{MS_{omil}}{MS_{qoldiq}} = \frac{710,15}{3,78} = 187,8.$$

Dispersion jadvalni hisoblashlar yordamida to'ldiramiz:

Juft regressiyaning dispersion tahlili

4.9-jadval.

Variatsiya y	Ozodlik darajasi	Kvadratlar yig'indisi	O'rtacha kvadrat	F
Omili	$v_{omil} = 1$	$SS_{omil} = 710,15$	$MS_{omil} = 710,15$	$F = 187,8$
Qoldiqli	$v_{qoldiq} = n-2 = 10-2 = 8$	$SS_{qoldiq} = 30,25$	$MS_{qoldiq} = 3,78$	
Umumiy	$v_{umum} = n-1 = 10-1 = 9$	$SS_{umum} = 740,4$		

2) Fisher mezoni bo'yicha modelning sifati baholash

Modelning zichligi va adekvatligini baholash uchun *Fisher mezonidan foydalaniladi.*

Quyidagi statistik gipoteza qo'yiladi:

$$H_0: a_1 = 0$$

Boshqacha qilib aytganda *x- omil y natijaviy ko'rsatkichga deyarli ta'sir qilmaydi.*

F -mezon bo'yicha haqiqiy qiymat ushbu formula bilan hisoblanadi:

$$F_{haq} = \frac{MS_{omil}}{MS_{qoldiq}} = \frac{R^2}{1-R^2} \cdot \frac{n-2}{1},$$

bunda n – kuzatishlar soni; p –modelda qatnashayotgan erkli omil soni;

R^2 –determinasiya koeffitsiyenti.

Endi Fisherning kvantel taqsimot jadvalidan (Ilova 2) $F_{haq}(\alpha, k_1, k_2)$ ning qiymati topiladi. Bunda $k_1 = p-1$ va $k_2 = n-2$. $F_{haq}(0,05; 1; 8) = 5,32$

Agar $F_{haq} \leq F_{jad}$ o'rinli bo'lsa, u holda H_0 gipoteza qabul qilinadi. Aks holda regressiya tenglamasi muhim. Demak, model muhim.

Modelning adekvatligini baholash uchun quyidagi qoidadan foydalaniladi:

$F_{haq} > 4 \cdot F_{jad}$, reregssiya tenglamasi adekvativ va uni prognoz qilish mumkin bo'ladi. Bu yerda $F_{his} = F_{haq} = 187,8 > 4 \cdot 5,32 = 21,28 = 4F_{jad}$ ekanligidan reregssiya tenglamasi adekvativ va uni prognoz qilish mumkin bo'ladi.

3) Korrelyasiya koeffitsiyenti va determinasiya koeffitsiyentini topish

Dispersion tahlildan foydalanilib juft korrelyasiya koeffitsiyenti quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$R = (a_{\text{ningishorasi}}) \sqrt{\frac{SS_r}{SS}}$$

Demak, korrelyasiya koeffitsiyenti $R = \sqrt{\frac{710,15}{740,4}} = 0,9793$ ga

teng.

Determinasiya koeffitsiyentini quyidagicha topamiz:

$$D = R^2 = 0,9591.$$

Omillar orasidagi bog'lanish zichligi kuchli ekanligi aniqlandi.

4.3-masala. x- kishi jon boshiga mos keladigan daromad; y-har bir kishining jon boshiga qiladigan xarajatlari bo'lsin.

4.10-jadval.

n	1	2	3	4	5	6	7
y	41	34	45	49	54	57	59
x	2,1	2,45	2,24	2,05	1,85	1,76	1,8

1) y-omilning x-omilga bog'liqligini aniqlaydigan

1.1) darajali;

1.2) logarifmik model tuzilsin.

2) Har bir model uchun

2.1) dispersion tahlil jalvali tuzilsin;

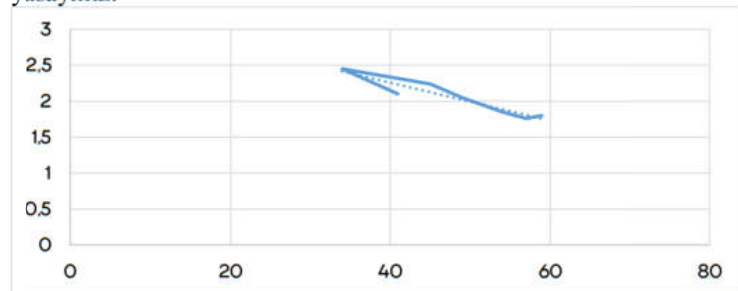
2.2) modening ahamiyatligi va adekvatligi tekshirilsin;

2.3) korrelyasiya koeffitsiyenti va determinasiya koeffitsiyenti

topilsin.

3) modellar taqqoslansin.

Yechish. (x_i, y_i) nuqtalarni Dekart koordinatalar sistemasida yasaymiz.



1.1) $\hat{y} = a \cdot x^b$ darajali modelni tuzamiz. Tenglamani e asosga

ko'ra logarifmlaymiz: $\ln \hat{y} = \ln(a \cdot x^b)$; $\ln \hat{y} = \ln a + b \cdot \ln x$. Bu

tenglamada $\tilde{y} = \ln \hat{y}$, $\tilde{a} = \ln a$, $\tilde{x} = \ln x$ belgilashlarni kiritib,

$\tilde{y} = \tilde{a} + b \cdot \tilde{x}$ regressiya tenglamasiga ega bo'lamiz.

4.11-jadval.

Ma'lumotlarni almashtirish

Dastabki ma'lumotlar			Almashtirilgan ma'lumotlar		
№	x	y	№	$\tilde{x} = \ln x$	$\tilde{y} = \ln \hat{y}$
1	2,1	41	1	0,741937	3,713572
2	2,45	34	2	0,896088	3,526361
3	2,24	45	3	0,806476	3,806662
4	2,05	49	4	0,71784	3,89182
5	1,85	54	5	0,615186	3,988984
6	1,76	57	6	0,565314	4,043051
7	1,8	59	7	0,587787	4,077537
yig'indi				4,930627	27,04799
o'rtacha				0,704375	3,863998

Eng kichik kvadratlar usuliga ko'ra $\tilde{a}$ va b ning y modelga eng kichik qiymat beruvchi ekstremum nuqta topiladi. Buning uchun quyidagilarni aniqlaymiz:

$$\tilde{\bar{x}} = \frac{1}{n} \sum \tilde{x} = \frac{1}{7} (0,74 + 0,89 + \dots + 0,58) = 0,704;$$

$$\tilde{\bar{y}} = \frac{1}{n} \sum \tilde{y} = \frac{1}{7} (3,71 + 3,53 + \dots + 4,077) = 3,864;$$

Yordamchi jadval tuzamiz:

4.12-jadval.

n	x	y	xtul	ytul	xtul*2	Xtul*ytul
1	2,1	41	0,741937	3,713572	0,550471	2,755238
2	2,45	34	0,896088	3,526361	0,802974	3,159929
3	2,24	45	0,806476	3,806662	0,650403	3,069981
4	2,05	49	0,71784	3,89182	0,515294	2,793703
5	1,85	54	0,615186	3,988984	0,378453	2,453966
6	1,76	57	0,565314	4,043051	0,31958	2,285593
7	1,8	59	0,587787	4,077537	0,345493	2,396722
summa			4,930627	27,04799	3,562668	18,91513
o'rtacha			0,704375	3,863998	0,508953	2,702162

Yordamchi jadvalga ko'ra

$$b = \frac{\tilde{\bar{xy}} - \tilde{\bar{x}} \cdot \tilde{\bar{y}}}{\tilde{\bar{x^2}} - (\tilde{\bar{x}})^2} = \frac{2,702 - 0,704 \cdot 3,864}{0,509 - 0,74^2} = -1,526;$$

$$a = 3,864 - (-1,526) \cdot 0,704 = 4,94.$$

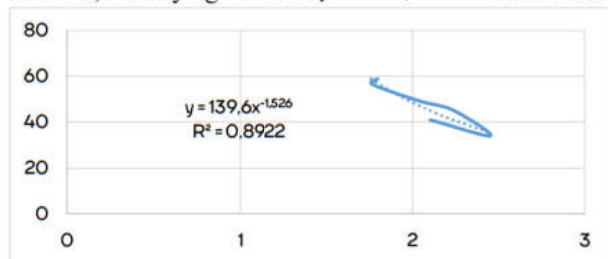
Bundan $\hat{y} = 4,94 - 1,526 \cdot \tilde{x}$ ekanligi kelib chiqdi.

$\hat{y} = \ln \hat{y}$, $\tilde{a} = \ln a$, $\tilde{x} = \ln x$ almashtirishni amalga oshiramiz:

$\ln \hat{y} = 4,94 - 1,526 \cdot \ln \hat{x}$. Oxirgi tenglamani potentsirlaymiz:

$$\hat{y} = e^{4,94 - 1,526 \ln x} = e^{4,94} \cdot e^{\ln x^{-1,526}} = 139,6 \cdot x^{-1,526}.$$

Demak, izlanayotgan mole $\hat{y} = 139,6 \cdot x^{-1,526}$ dan iborat.



1.2) $\hat{y} = a + b \ln x$ logarifmik modelni tuzamiz. Bu tenglamada $\tilde{x} = \ln x$ belgilashlarni kiritib, $\hat{y} = a + b \cdot \tilde{x}$ regressiya tenglamasiga ega bo'lamiz.

Ma'lumotlarni almashtirish

4.13-jadval.

Dastabki ma'lumotlar			Almashtirilgan ma'lumotlar		
№	x	y	№	$\tilde{x} = \ln x$	y
1	2,1	41	1	0,741937	41
2	2,45	34	2	0,896088	34
3	2,24	45	3	0,806476	45
4	2,05	49	4	0,71784	49
5	1,85	54	5	0,615186	54
6	1,76	57	6	0,565314	57
7	1,8	59	7	0,587787	59
yig'indi				4,930627	339
o'rtacha				0,704375	48,42857

Eng kichik kvadratlar usuliga ko'ra $\tilde{a}$ va b ning y modelga eng kichik qiymat beruvchi ekstremum nuqta topiladi. Buning uchun quyidagilarni aniqlaymiz:

$$\tilde{\bar{x}} = \frac{1}{n} \sum \tilde{x} = \frac{1}{7} (0,74 + 0,89 + \dots + 0,58) = 0,704;$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum y = \frac{1}{7} (41 + 34 + \dots + 59) = 48,43;$$

Yordamchi jadval tuzamiz:

4.14-jadval.

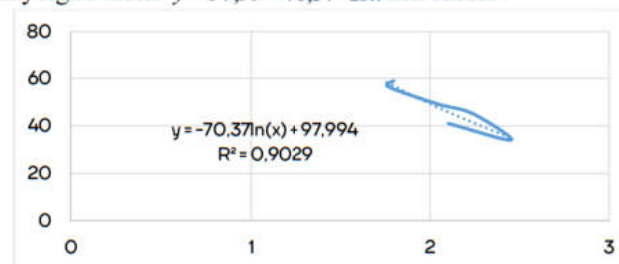
n	x	y		xtul	y	xtul^2	y·xtul
1	2,1	41		0,741937	41	0,550471	30,41943
2	2,45	34		0,896088	34	0,802974	30,46699
3	2,24	45		0,806476	45	0,650403	36,29141
4	2,05	49		0,71784	49	0,515294	35,17415
5	1,85	54		0,615186	54	0,378453	33,22002
6	1,76	57		0,565314	57	0,31958	32,22289
7	1,8	59		0,587787	59	0,345493	34,67941
			summa	4,930627	339	24,31108	114921
			O'rtacha	0,704375	48,42857	0,508953	33,21062

Yordamchi jadvalga ko'ra

$$b = \frac{\tilde{\bar{x}}\bar{y} - \tilde{\bar{x}} \cdot \bar{y}}{\tilde{\bar{x}}^2 - (\tilde{\bar{x}})^2} = \frac{33,21 - 0,704 \cdot 48,43}{0,509 - 0,704^2} = -70,37;$$

$$a = 48,43 - (-70,37) \cdot 0,704 = 97,99.$$

Bundan $\hat{y} = 97,99 - 70,37 \cdot \ln x$ ekanligi kelib chiqdi. Demak, izlanayotgan mole $\hat{y} = 97,99 - 70,37 \cdot \ln x$ dan iborat.



2.1) Dispersiyaning tahlil jadvalini tuzish

$\hat{y} = e^{4,938771} \cdot x^{-1,52581}$ formula bilan topildi.

4.15-jadval.

n	x	y	(ytul-yurt)^2	(y-ytul)	ytul= $\hat{y}$
1	2,1	41	11,74840446	16,00782	45,00098
2	2,45	34	165,3698389	2,461607	35,56895
3	2,24	45	58,49053396	17,80282	40,78066
4	2,05	49	3,035065236	5,352617	46,68643
5	1,85	54	38,12336586	0,363589	54,60298
6	1,76	57	110,0762061	3,687522	58,92029
7	1,8	59	72,34483362	4,267744	56,93415
summa	14,25	339	459,1882481	49,94372	338,4944
o'rtacha	2,035714	48,42857	65,59832115	7,134817	48,35635

Masala shartiga ko'ra $SS_{omil} = \sum (\tilde{y} - \bar{y})^2 = 459,19$;

$SS_{goldiq} = \sum (y - \tilde{y})^2 = 49,94$ ekanligi ma'lum. Dispersion tahlilning asosiy asosiy ayniyati quyidagicha bo'ladi:

$$SS_{umum} = SS_{omil} + SS_{goldiq}.$$

Demak, $SS_{umum} = 459,19 + 49,94 = 509,13$.

O'rtacha kvadratlarni bag'olaymiz:

$$MS_{omil} = \frac{SS_{omil}}{V_{omil}} = \frac{459,13}{1} = 459,13;$$

$$S^2 = MS_{goldiq} = \frac{SS_{goldiq}}{V_{goldiq}} = \frac{49,94}{7-2} = 9,99.$$

Fisher mezoni bo'yicha F_{his} ni g'isoblaymiz:

$$F_{his} = \frac{MS_{omil}}{MS_{goldiq}} = \frac{459,13}{9,99} = 45,97.$$

Dispersion jadvalni hisoblashlar yordamida to'ldiramiz:

Juft regressiyaning dispersion tahlili

4.16-jadval.

Variatsiya y	Ozodlik darajasi	Kvadratlar yig'indisi	O'rtacha kvadrat	F
Omili	$V_{omil} = 1$	$SS_{omil} = 459,19$	$MS_{omil} = 459,19$	$F = 45,97$
Qoldiqli	$V_{goldiq} = n - 2 = 7 - 2 = 5$	$SS_{goldiq} = 49,94$	$MS_{goldiq} = 9,99$	
Umumiy	$V_{umum} = n - 1 = 7 - 1 = 6$	$SS_{umum} = 509,13$		

Dispersiyaning tahlil jadvalini tuzish

$\hat{y} = 97,99 - 70,37 \cdot \ln(x)$ formula bilan topildi.

4.17-jadval.

n	x	y	ytul= $\hat{y}$	$(y - ytul)^2$	$(yurt - ytul)^2$
1	2,1	41	45,78541	22,90018	55,18367347
2	2,45	34	34,93817	0,880163	208,1836735
3	2,24	45	41,24398	14,10769	11,75510204
4	2,05	49	47,48111	2,307042	0,326530612
5	1,85	54	54,70465	0,496534	31,04081633
6	1,76	57	58,21402	1,47385	73,46938776
7	1,8	59	56,63266	5,604312	111,755102
summa	14,25	339	339	47,76977	491,7142857
o'rtacha	2,035714	48,42857	48,42857	6,824253	70,24489796

Masala shartiga ko'ra $SS_{omil} = \sum (\tilde{y} - \bar{y})^2 = 491,71$;

$SS_{goldiq} = \sum (y - \tilde{y})^2 = 47,76$ ekanligi ma'lum. Dispersion tahlilning asosiy asosiy ayniyati quyidagicha bo'ladi:

$$SS_{umum} = SS_{omil} + SS_{goldiq}.$$

Demak, $SS_{umum} = 491,71 + 47,76 = 539,48$.

O'rtacha kvadratlarni bag'olaymiz:

$$MS_{omil} = \frac{SS_{omil}}{V_{omil}} = \frac{491,71}{1} = 491,71;$$

$$S^2 = MS_{goldiq} = \frac{SS_{goldiq}}{V_{goldiq}} = \frac{47,76}{7-2} = 6,83.$$

Fisher mezoni bo'yicha F_{his} ni g'isoblaymiz:

$$F = \frac{MS_{omil}}{MS_{goldiq}} = \frac{491,71}{6,83} = 72,05.$$

Dispersion jadvalni hisoblashlar yordamida to'ldiramiz:

Juft regressiyaning dispersion tahlili

4.18-jadval.

Variatsiya y	Ozodlik darajasi	Kvadratlar yig'indisi	O'rtacha kvadrat	F
Omili	$V_{omil} = 1$	$SS_{omil} = 491,71$	$MS_{omil} = 491,71$	$F = 72,05$
Qoldiqli	$V_{goldiq} = n - 2 = 7 - 2 = 5$	$SS_{goldiq} = 47,76$	$MS_{goldiq} = 6,83$	
Umumiy	$V_{umum} = n - 1 = 7 - 1 = 6$	$SS_{umum} = 539,48$		

2.2) $\hat{y} = e^{4,938771} \cdot x^{-1,52584}$ modening ahamiyatliligi va adekvatligi

tekshirish

Modelning zichligi va adekvatligini baholash uchun *Fisher mezonidan foydalaniladi*.

Quyidagi statistik gipoteza qo'yiladi:

$$H_0 : a_1 = 0$$

Boshqacha qilib aytganda *x - omil y natijaviy ko'rsatkichga deyarli ta'sir qilmaydi*.

F-mezon bo'yicha haqiqiy qiymat ushbu formula bilan hisoblanadi:

$$F = 72,05;$$

bunda *n* – kuzatishlar soni; *p* – modelda qatnashayotgan erkli omil soni; R^2 – determinasiya koeffitsiyenti.

Endi Fisherning kvantel taqsimot jadvalidan (Ilova 2) $F_{jad}(\alpha, k_1, k_2)$ ning qiymati topiladi. Bunda $k_1 = p - 1$ va $k_2 = n - 2$.

$$F_{jad}(0,05; 1; 8) = 6,6$$

Agar $F_{his} \leq F_{jad}$ o'rinli bo'lsa, u holda H_0 gipoteza qabul qilinadi. Aks holda regressiya tenglamasi muhim. Demak, model muhim.

Modelning adekvatligini baholash uchun quyidagi qoidadan foydalaniladi:

$F_{haq} > 4 \cdot F_{jad}$, reregssiya tenglamasi adekvativ va uni prognoz qilish mumkin bo'ladi. Bu yerda $F_{his} = F_{haq} = 45,97 > 4 \cdot 6,6 = 26,4 = 4F_{jad}$ ekanligidan reregssiya tenglamasi adekvativ chiqdi va uni prognoz qilish mumkin degan xulosa kelib chiqdi.

$\hat{y} = 97,99 - 70,37 \cdot \ln(x)$ **modening ahamiyatligi va adekvatligi tekshirish**

Modelning zichligi va adekvatligini baholash uchun Fisher mezonidan foydalaniladi.

Quyidagi statistik gipoteza qo'yiladi:

$$H_0: a_1 = 0$$

Boshqacha qilib aytganda x - omil y natijaviy ko'rsatkichga deyarli ta'sir qilmaydi.

F -mezon bo'yicha haqiqiy qiymat ushbu formula bilan hisoblanadi:

$$F_{haq} = \frac{MS_{omil}}{MS_{qoldiq}} = \frac{R^2}{1-R^2} \cdot \frac{n-2}{1} = 72,05;$$

bunda n – kuzatishlar soni; p – modelda qatnashayotgan erkli omil soni;

R^2 –determinasiya koeffitsiyenti.

Endi Fisherning kvantel taqsimot jadvalidan (Ilova 2) $F_{jad}(\alpha, k_1, k_2)$ ning qiymati topiladi. Bunda $k_1 = p = 1$ va $k_2 = n - 2$. $F_{jad}(0,05; 1; 8) = 6,6$

Agar $F_{his} \leq F_{jad}$ o'rinli bo'lsa, u holda H_0 gipoteza qabul qilinadi. Aks holda regressiya tenglamasi muhim. Demak, model muhim.

Modelning adekvatligini baholash uchun quyidagi qoidadan foydalaniladi:

$F_{haq} > 4 \cdot F_{jad}$, reregssiya tenglamasi adekvativ va uni prognoz qilish mumkin bo'ladi. Bu yerda $F_{his} = F_{haq} = 72,05 > 4 \cdot 6,6 = 26,4 = 4F_{jad}$ ekanligidan reregssiya tenglamasi adekvativligi kelib chiqdi va uni prognoz qilish mumkin ekanligi aniqlandi.

2.3) Korrelyasiya koeffitsiyenti va determinasiya koeffitsiyentini topish

Dispersion tahlildan foydalanilib $\hat{y} = e^{4,938771} \cdot x^{-1,52585}$ regressiya tenglamasining juft korrelyasiya koeffitsiyenti quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$R = (a_1 \text{ ning ishorasi}) \sqrt{\frac{SS_r}{SS}},$$

Demak, korrelyasiya koeffitsiyenti $R = \sqrt{\frac{459,19}{509,13}} = 0,9496$ ga teng.

Determinasiya koeffitsiyentini quyidagicha topamiz:

$$D = R^2 = 0,9019.$$

Omillar orasidagi bog'lanish zichligi kuchli ekanligi aniqlandi.

Dispersion tahlildan foydalanilib $\hat{y} = 97,99 - 70,37 \cdot \ln(x)$ regressiya tenglamasining juft korrelyasiya koeffitsiyenti quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$R = (a_1 \text{ ning ishorasi}) \sqrt{\frac{SS_r}{SS}},$$

Demak, korrelyasiya koeffitsiyenti $R = \sqrt{\frac{491,71}{539,4841}} = 0,9547$ ga

teng.

Determinasiya koeffitsiyentini quyidagicha topamiz:

$D = R^2 = 0,911453$. Omillar orasidagi bog'lanish zichligi kuchli ekanligi aniqlandi.

3) Modellarni taqqoslash

$\hat{y} = e^{4,938771} \cdot x^{-1,52585}$ regressiya tenglamasining sifatini aniqlaydigan Fisher mezoniga ko'ra $F_{his} = 45,97$; $F_{his} = 45,97 > 4 \cdot F_{jad} = 26,4$ va $R = 0,9496$ ekanligidan regressiya tenglamasi muhim va bu model bo'yicha prognoz qilish mumkin.

Shuningdek, $\hat{y} = 97,99 - 70,37 \cdot \ln(x)$ regressiya tenglamasining sifatini aniqlaydigan Fisher mezoniga ko'ra $F_{his} = 72,05$; $F_{his} = 72,05 > 4 \cdot F_{jad} = 26,4$ va $R = 0,9542$ ekanligidan regressiya tenglamasi muhim va bu model bo'yicha prognoz qilish mumkin.

Xulosa qilib aytganda, $\hat{y} = 97,99 - 70,37 \cdot \ln(x)$ regressiya tenglamasidan foydalanish ahamiyatli ekanligi ko'rinib turibdi.

4.4-masala. x -ishchilar soni, y -20 ta korxona samaradorligi $\hat{y} = e^{1,85+0,0005x}$ regressiya tenglamasi bilan berilgan. Fisher mezoni bo'yicha $F_{his} = 72,05$ ga teng bo'lsin.

Quyidagilar

1) Korxonada o'rtacha 150 ishchi xizmat qilganda elastiklik koeffitsiyentini toping.

2) Korrelyasiya koeffitsiyenti va determinasiya koeffitsiyentini toping.

3) Fisher mezoni bo'yicha modelning sifatini baholang.

Yechish.

1) Elastiklik koeffitsiyentini topish

Elastiklik koeffitsiyenti x erkli omil 1% ga o'zgarganda y natijaviy omilning qiymatining o'zgarishini bildiradi va quyidagi formula bilan topiladi:

$$E = \tilde{y}'(x_k) \cdot \frac{x_k}{\tilde{y}(x_k)}.$$

$\hat{y} = e^{1,85+0,0005x}$ regressiya tenglamasi bo'yicha birinchi tartibli hosila olamiz:

$$\hat{y}' = (e^{1,85+0,0005x})' = 0,0005 \cdot e^{1,85+0,0005x}.$$

U holda elastiklik koeffitsiyenti

$$E = \tilde{y}'(x_k) \cdot \frac{x_k}{\tilde{y}(x_k)} = 0,0005 \cdot e^{1,85+0,0005x} \cdot \frac{x_k}{e^{1,85+0,0005x}} = 0,0005 \cdot x_k$$

bo'ladi.

O'rtacha ishchilar soni $x_k = 150$ kishi bo'lganda, elastiklik koeffitsiyenti $E = 0,0005 \cdot x = 0,0005 \cdot 150 = 0,75\%$ ga teng.

Demak, 150 ta ishchidan korxona ishchilari 1% o'zgarganda, korxonaning ishlab chiqarish samaradorligi 0,75% ga oshadi.

2) Korrelyatsiya koeffitsiyenti va determinatsiya koeffitsiyentini topish

F -mezon bo'yicha haqiqiy qiymat ushbu formula bilan hisoblanadi:

$$F_{his} = \frac{MS_{omuz}}{MS_{qoldiq}} = \frac{R^2}{1-R^2} \cdot (n-2)$$

Yuqoridagi formuladan determinatsiya koeffitsiyenti R^2 quyidagicha topiladi:

$$R^2 = \frac{F_{his}}{n-2 + F_{his}}.$$

$$F_{his} = 72,05 \text{ ekanligidan } R^2 = \frac{72,05}{n-2 + 72,05} = 0,8 \text{ kelib chiqdi.}$$

$R^2 = 0,8$ ekanligi to'la yoki umumiy dispersiya y omilning ta'siri boshqa omillarga 80% ekanligini, og'ishlar yoki xatoliklar 20% ekanligini bildiradi.

Endi korrelyatsiya koeffitsiyentini topamiz: $R = \sqrt{R^2} = 0,89$, bunda ishora x ning oldidagi koeffitsiyentniki bilan bir xil bo'ladi.

$R = 0,89$ korrelyatsiya koeffitsiyenti y - 20 ta korxona ishlab chiqarilishining samaradorligi x -ishchilar soniga bog'liqligi 89 % darajada zichli yoki kuchli bog'langanligini bildiradi.

3) Fisher mezoni bo'yicha modelning sifatini baholash

Modelning zichligi va adekvatligini baholash uchun *Fisher mezonidan foydalaniladi.*

Quyidagi statistik gipoteza qo'yiladi:

$$H_0: a_1 = 0$$

Boshqacha qilib aytganda x - omil y natijaviy ko'rsatkichga deyarli ta'sir qilmaydi.

F -mezon bo'yicha haqiqiy qiymat ushbu formula bilan hisoblanadi:

$$F_{his} = F_{haq} = \frac{MS_{omuz}}{MS_{qoldiq}} = 72,05,$$

Endi Fisherning kvantel taqsimot jadvalidan (Ilova 2) $F_{jad}(\alpha, k_1, k_2)$ ning qiymati topiladi. Bunda $k_1 = p = 1$ va $k_2 = n - 2$. $F_{jad}(0,05; 1; 8) = 6,6$

Agar $F_{haq} \leq F_{jad}$ o'rinli bo'lsa, u holda H_0 gipoteza qabul qilinadi. Aks holda regressiya tenglamasi muhim. Demak, model muhim.

Modelning adekvatligini baholash uchun quyidagi qoidadan foydalaniladi:

$F_{haq} > 4 \cdot F_{jad}$, reregssiya tenglamasi adekvativ va uni prognoz qilish mumkin bo'ladi. Bu yerda $F_{his} = F_{haq} = 72,05 > 4 \cdot 6,6 = 26,4 = 4F_{jad}$ ekanligidan reregssiya tenglamasi adekvativligi emasligi kelib chiqdi va uni prognoz qilish mumkin.

$\hat{y} = e^{1,85+0,0005x}$ regressiya tenglamasining sifatini aniqlaydigan Fisher mezoniga ko'ra $F_{his} = 45,97$; $F_{his} = 45,97 > 4 \cdot F_{jad} = 26,4$ va $R = 0,9496$ ekanligidan regressiya tenglamasi muhim va bu model bo'yicha prognoz qilish mumkin.

4.5-masala. Ushbu 4.19-jadval asosida chiziqli regressiya tenglamasini tuzing.

4.19-jadval

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
x	78	82	87	79	89	106	67	88	73	87	76	115
y	133	148	134	154	162	195	139	158	152	162	159	173

Jadvalda n -oila guruhlari; y -bir kunlik o'rtacha maosh, ming so'm hisobida; x -ish bilan band bo'lganlar uchun bir kunlik minimum xarajat, ming so'm.

Quyidagilar aniqlansin:

1. *Regressiya tenglamasini tuzish.*

2. *Bog'lanish zichligini aniqlash.*

3. *Regressiya tenglamasining ma'nodorligini aniqlash.*

4. *Regressiya tenglamasi prognozlash.*

5. *Bashorat xatoligini aniqlash.*

6. *Regressiya tenglamasini grafigini yasash.*

1. Regressiya tenglamasini tuzish

Chiziqli bog'lanishda regressiya tenglamasi $\tilde{y} = a_0 + a_1 \cdot x$, (1) ko'rinishda izlanadi. Funksiyalar parametrlari odatda **“eng kichik kvadratlar”** usuli bilan aniqlanadi. Eng kichik kvadratlar usulini mazmuni quyidagicha: xaqiqiy miqdorlarning tekislangan miqdorlardan farqining kvadratlari yigindisi eng kam bo'lishi zarur:

$$S = \sum (y - a_0 - a_1 x)^2 \rightarrow \min, (2)$$

(2) funksiyaning minimum qiymatini topish kerak bo'lai. Buning uchun (2) funksiyaning a_0 va a_1 parametrlar bo'yicha xususiy hosilalar olinadi va nolga tenglashtiriladi:

$$\frac{\partial S}{\partial a} = 2 \sum (y - a_0 - a_1 x) \cdot (-1) = 0,$$

$$\frac{\partial S}{\partial a} = 2 \sum (y - a_0 - a_1 x) \cdot (-x) = 0,$$

Bu tenglamalarni ixchamlashtirib ushbu tenglamalar sistemasini hosil qilamiz:

$$\begin{cases} n \cdot a_0 + a_1 \sum x = \sum y \\ a_0 \cdot \sum x + a_1 \sum x^2 = \sum xy \end{cases}, (3)$$

(3) tenglamalar sistemasini Kramer usuli bilan yechamiz. Asosiy determinantni tuzamiz:

$$D = \begin{vmatrix} n & \sum x \\ \sum x & \sum x^2 \end{vmatrix} = n \cdot \sum x^2 - \sum x \cdot \sum x = n \sum x^2 - (\sum x)^2, (4)$$

Endi yordamchi determinantlarni tuzamiz:

$$D_{a0} = \begin{vmatrix} \sum y & \sum x \\ \sum xy & \sum x^2 \end{vmatrix} = \sum y \cdot \sum x^2 - \sum xy \cdot \sum x, (5)$$

$$D_{a1} = \begin{vmatrix} n & \sum y \\ \sum x & \sum xy \end{vmatrix} = n \cdot \sum xy - \sum x \cdot \sum y$$

Buning uchun yordamchi jadval tuzib hisoblashlarni amalga oshiramiz:

4.20-jadval.

N	x	y	x^2	y^2	xy
1	45	56	2025	3136	2520
2	56	76	3136	5776	4256
3	55	65	3025	4225	3575
4	58	74	3364	5476	4292
5	60	79	3600	6241	4740
6	64	78	4096	6084	4992
7	56	75	3136	5625	4200
8	68	80	4624	6400	5440
9	74	83	5476	6889	6142
10	65	87	4225	7569	5655
11	63	75	3969	5625	4725
12	56	64	3136	4096	3584
J	720	892	43812	67142	54121
O'	60	74,3	5595,17	3651	4510,08

Jadvalda J-jami, O'-o'rta qiymatni anhlataadi.

Endi a va b larni hisoblaymiz:

$$a_1 = \frac{D_{a1}}{D} = \frac{N \sum xy - \sum x \sum y}{N \sum x^2 - (\sum x)^2};$$

$$a_1 = \frac{12 \cdot 54121 - 720 \cdot 892}{12 \cdot 43812 - 60^2} = 0,98$$

-x ning oldidagi koeffitsiyent;

$$a_0 = \frac{D_{a0}}{D} = \frac{\sum x^2 \sum y - \sum x \sum xy}{N \sum x^2 - (\sum x)^2} = \frac{43812 \cdot 892 - 720 \cdot 54121}{12 \cdot 43812 - 60^2} = 15,41 -$$

ozod had.

Chiziqli regressiya tenglamasini yozamiz: $\tilde{y} = 0,98x + 15,41$.

Bundan kelib chiqadiki, jon boshiga zarur minimal xarajat 1 so'mga ortsa, o'rtacha kundalik maoshi o'rta hisobda 0,89 so'mga ortar ekan.

2. Bog'lanish zichligini aniqlash

Bog'lanish zichligini anglatuvchi korreiyatsiya koeffitsiyentini hisoblaymiz:

$$r = \frac{N \cdot \sum xy - \sum x \cdot \sum y}{\sqrt{N \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2} \cdot \sqrt{N \cdot \sum y^2 - (\sum y)^2}};$$

$$r = \frac{12 \cdot 54121 - 720 \cdot 892}{\sqrt{12 \cdot 43812 - 720^2} \cdot \sqrt{12 \cdot 67142 - 892^2}} = 0,8389$$

Korrelyatsiya koeffitsiyenti $r = 0,8389$ ekanligi x va y omillar o'rtasidagibog'lanish ko'chli ekanligini bildiradi.

3. Regressiya tenglamasining ma'nodorligini aniqlash

Regressiya tenglamasining ma'nodorligini, ko'pincha, Fisher-ning F-belgisi yordamida baholanadi.

$\hat{y} = 0,98x + 15,41$ formuladan fodalaniib quyidagi jadvaldagi hisoblashlarni bajaramiz:

4.21-jadval.

n	x	y	x ²	y ²	xy	$\hat{y} = 0,98x + 15,41$
1	45	56	3136	2025	2520	59,60
2	56	76	5776	3136	4256	70,41
3	55	65	4225	3025	3575	69,42
4	58	74	5476	3364	4292	72,37
5	60	79	6241	3600	4740	74,33
6	64	78	6084	4096	4992	78,26
7	56	75	5625	3136	4200	70,41
8	68	80	6400	4624	5440	82,19
9	74	83	6889	5476	6142	88,08
10	65	87	7569	4225	5655	79,24
11	63	75	5625	3969	4725	77,28
12	56	64	4096	3136	3584	70,41
J	720	892	67142	43812	54121	892
O'	60	74,3	5595,17	3651	4510,08	74,33
σ	7,17	8,35				
σ^2	51	69,7				

O'rtacha kvadratik farqlar quyidagicha topiladi:

4.22-jadval.

n	x	y	ytul	$(y - \bar{y})^2$	$(\bar{y} - \bar{y})^2$	$(y - \bar{y})^2$	A	$(x - \bar{x})^2$
1	45	56	59,60	336,11	216,98	12,98	0,54	225
2	56	76	70,41	2,78	15,43	31,30	0,61	16
3	55	65	69,42	87,11	24,11	19,56	0,57	25
4	58	74	72,37	0,11	3,86	2,66	0,18	4
5	60	79	74,33	21,78	0,00	21,78	0,49	0
6	64	78	78,26	13,44	15,43	0,07	0,03	16
7	56	75	70,41	0,44	15,43	21,11	0,51	16
8	68	80	82,19	32,11	61,72	4,79	0,23	64
9	74	83	88,08	75,11	189,02	25,82	0,51	196
10	65	87	79,24	160,44	24,11	60,16	0,74	25
11	63	75	77,28	0,44	8,68	5,20	0,25	9
12	56	64	70,41	106,78	15,43	41,03	0,83	16
yig'indi	720	892	892,00	836,67	590,20	246,47	5,50	612,00
o'rtacha	60	74,33	74,33	69,72	49,18	20,54	0,46	51,00

y natijaviy belgi x o'ining ta'siri dispersion tahlil asosida amalga oshiriladi va regressiya tenglamasining adekvatligi aniqlanadi.

Dispersion tahlil natijasida kuzatishlarning to'liq dispersiyasi (o'rtachadan chetlashish yig'indisining kvadrati) quyidagicha topiladi:

$$SS_{umumiy}^2 = \sum (y - \bar{y})^2 = 836,7.$$

Omilli dispersiya quyidagicha bilan topiladi:

$$SS_{omil}^2 = \sum (\bar{y} - \bar{y})^2 = 590,2.$$

Qoldiqli dispersiya quyidagicha bilan topiladi:

$$SS_{qoldiq}^2 = \sum (\bar{y} - y)^2 = 246,52.$$

To'liq dispersiyasi (o'rtachadan chetlashish yig'indisining kvadrati) quyidagicha topiladi:

$$SS_{umumiy}^2 = SS_{omil}^2 + SS_{qoldiq}^2.$$

Juft regressiya modelida bitta x omil qatnashganligi uchun uning ozod darajasi quyidagicha aniqlanadi: $\nu_{omil} = 1$.

O'rtachadan chetlashishning qoldiqli dispersiyasi $\nu_{qoldiq} = n - 2$ ga teng.

O'rtachadan chetlashishning umumiy (to'liq) dispersiyasining ozod darajasi $\nu_{umum} = n - 1$ bilan aniqlanadi.

Dispersiyaning o'rtacha chetlashishining yig'indisining kvadratlari yig'indilarning kvadratlarining mos ozod darajasi nisbati orqali quyilagi formulalar bilan aniqlanadi:

$$MS_{omil} = \frac{SS_{omil}}{\nu_{omil}} = \frac{SS_{omil}}{1} = SS_{omil}, \quad MS_{qoldiq} = \frac{SS_{qoldiq}}{\nu_{qoldiq}} = \frac{590,2}{1} = 590,2.$$

$$MS_{qoldiq} = \frac{SS_{qoldiq}}{\nu_{qoldiq}} = \frac{SS_{qoldiq}}{n - 2}, \quad MS_{qoldiq} = \frac{246,5}{10} = 24,65.$$

Quyidagi

$$S_{oldiq}^2 = \frac{\sum (y - \bar{y})^2}{n - 2} = \frac{246,5}{10} = 24,5$$

qoldiqli dispersiya deyiladi. Bu miqdor modelning adekvatligini aniqlab beradi.

Modelning ahamiyatligi va adekvatligini baholash uchun F-Fisher mezoni yordamida baholanadi.

Juft regressiya uchun quyidagi gipoteza ilgari suriladi: $H_0: a = 0$ boshqacha qilib aytganda x omil y natijaviy omilga ta'sir ko'rsatmaydi. Demak, model ahamiyatli emas degan gipoteza ilgari surilgan.

Fhis Fisher mezoni bo'yicha haqiqiy holat dispersion tahlil bo'yicha quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$F_{his} = \frac{MS_{omil}}{MS_{qoldiq}}, \quad F_{his} = \frac{590,2}{24,65} = 23,94$$

Fisherning kvantil taqsimoti bo'yicha jadvaldan ushbu ma'lumot aniqlanadi, ya'ni $F_{jadv}(\alpha, k_1, k_2)$, α -muhimlik darajasi, k_1 va k_2 -ozod darajalar bo'lib, $k_1 = \nu_{omil} = 1$, $k_2 = \nu_{qoldiq} = n - 2$. Bunda n-kuzatishlar soni, 2 parametrlar soni (a va b parametrlar). Keyin Fisher mezonining hisoblangan va jadval qiymatlari taqqoslanadi.

4.23-jadval.

Критические точки распределения F Фишера — Снедекора
(k_1 — число степеней свободы большей дисперсии,
 k_2 — число степеней свободы меньшей дисперсии)

Уровень значимости $\alpha = 0,05$												
k_2	k_1											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	161	200	216	225	230	234	237	239	241	242	243	244
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,36	19,37	19,38	19,39	19,40	19,41
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,88	8,84	8,81	8,78	8,76	8,74
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00	5,96	5,93	5,91
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,78	4,74	4,70	4,68
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10	4,06	4,03	4,00
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,63	3,60	3,57
8	5,32	4,45	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,34	3,31	3,28
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,13	3,10	3,07
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,97	2,94	2,91
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90	2,86	2,82	2,79
12	4,75	3,88	3,49	3,26	3,11	3,00	2,92	2,85	2,80	2,76	2,72	2,69

Fisherning kvantil taqsimoti bo'yicha jadvaldan ushbu ma'lumot aniqlanadi, ya'ni $F_{jadv}(0,05;1; k_2 10) = 4,96$.

Agar $F_{his} \leq F_{jadv}$ o'rinli bo'lsa, u holda . Agar $F_{his} > F_{jadv}$ o'rinli bo'lsa, u holda x omil y natijaviy omilga ta'sir qiladi. Ya'ni, x va y omillar o'rtasida bog'lanish mavjud bo'ladi.

Endi $F_{his} = 23,94 > F_{jadv} = 4,94$ ekanligidan $\tilde{y} = 0,98x + 15,41$ regrssiya tenglamasi muhim.

Masalaning adekvatligini amalda baholash uchun empirik qoidadan, ya'ni agar $F_{his} = 23,94 > 4 \cdot F_{jadv} = 19,76$ munosabatni hisobga olib, model adekvat bo'ldi va bu model orqali prognoz qilish mumkin.

4. Korrelyatsiya koeffitsienti va determinatsiya koeffitsienti

Chiziqli bog'lanishning aloqa zichligini aniqlash uchun korrelyatsiya koeffitsientidan foydalaniladi. Korrelyatsiya koeffitsienti

$$r_{xy} = a \cdot \frac{\sigma_x}{\sigma_y}$$

formula bilan aniqlanadi, bunda σ_x, σ_y — x, y o'zgaruvchilarning o'rtacha kvadratik chetlashishi quyidagicha aniqlanadi:

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

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}.$$

Korrelyatsiya koeffitsienti $-1 \leq r_{xy} \leq 1$ oraliqda bo'ladi.

Amaliyotda Cheddok shkalalaridan foydalaniladi:

6) agar $|r_{xy}| < 0,3$ bo'lsa, u holda x va y o'rtasida bog'lanish bo'sh;

7) agar $|r_{xy}| = 0,3 \div 0,5$ bo'lsa, u holda x va y o'rtasida bog'lanish o'rtamiyona;

8) agar $|r_{xy}| = 0,5 \div 0,7$ bo'lsa, u holda x va y o'rtasida bog'lanish sezilarli;

9) agar $|r_{xy}| = 0,7 \div 0,9$ bo'lsa, u holda x va y o'rtasida bog'lanish yuqori;

10) agar $|r_{xy}| = 0,9 \div 0,99$ bo'lsa, u holda x va y o'rtasida bog'lanish juda yuqori bo'ladi.

Dispersion tahlilda chiqiqli regressiyaning zichligi quyidagi korrelyatsiya koeffitsienti yordamida

$$R = (\text{ishora}) \sqrt{\frac{SS_{omil}}{SS_{umum}}} = (\text{ishora}) \sqrt{1 - \frac{SS_{qoldiq}}{SS_{umum}}}, \quad \text{formula bilan}$$

hisoblanadi.

Dispersion tahlilda chiqiqli bo'lmagan regressiyaning zichligi quyidagi korrelyatsiya indeksi yordamida

$$R = \sqrt{\frac{SS_{omil}}{SS_{umum}}} = \sqrt{1 - \frac{SS_{qoldiq}}{SS_{umum}}}, \quad \text{formula bilan hisoblanadi.}$$

Chiziqli bo'lmagan bog'lanishning aloqa zichligini aniqlash uchun korrelyatsiya indeksidan foydalaniladi. Korrelyatsiya indeksi $0 \leq R \leq 1$ da bo'ladi. Regressiya modelini baholash uchun determinatsiya koeffitsiyenti R^2 foydalaniladi.

x omilning y omilga bog'langanligi determinatsiya koeffitsienti

$$r_{xy}^2 = R^2 - \frac{SS_{omil}}{SS_{umum}} = 1 - \frac{SS_{qoldiq}}{SS_{umum}} = 0,71.$$

R^2 ning 1 ga yaqinlashishi regressin model bo'yicha prognoz qilish mumkin ekanligini aniqlaydi.

5. Styudent mezon (t-mezon)

Regressiya tenglamasi koeffitsientlarining muhim emasligi haqidagi ststistik gipoteza ilgari suriladi:

$$H_0 : a_0 = 0 \quad \text{yoki} \quad (va) \quad H_0 : a_1 = 0.$$

Regressiya tenglamasidagi a_0, a_1 parametrlar uchun quyidagi formulalar orqali aniqlanadi:

$$t_{a_0} = \frac{a_0}{S_{a_0}}, \quad t_{a_1} = \frac{a_1}{S_{a_1}}, \quad t_R = \frac{R}{S_R},$$

a_0, a_1 parametrlar va R korrelyasiya koeffitsientining tasodifiy xatoliklarni quyidagi formulalar yordamida topamildi:

$$S_{a_0}^2 = S^2 \cdot \frac{1}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}, \text{ bunda } S_{oldiq}^2 = \frac{\sum (y - \bar{y})^2}{n-2}.$$

$$S_{a_1}^2 = S^2 \cdot \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}, \text{ bunda } S_{oldiq}^2 = \frac{\sum (y - \bar{y})^2}{n-2}.$$

parametrlarning standart xatolari.

S_r -korrelyasiya koeffitsientining standart xatosi:

$$S_R = \sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}}.$$

Endi t-Styudent mezonining jadvaldagi $t_{jadv}(\alpha, n-2)$ orqali topiladi. Bunda α -muhimlik darajasi, $n-2$ –ozod darajalar soni.

Agar $|t_a| < t_{jadv}$ bo'lsa, u holda a parametr muhim emasligi kelib chiqadi. Ya'ni H_0 gipoteza tasdiqlanadi. Aks holda a parametr muhim ekanligi kelib chiqadi.

Endi hisoblashlarni amalga oshiramiz:

$$S_{a_0} = \sqrt{\frac{\sum (y - \bar{y})^2}{(n-2) \cdot \sum (x - \bar{x})^2}} = 0,2;$$

$$S_{a_1} = \sqrt{\frac{\sum x^2 \cdot \sum (y - \bar{y})^2}{n \cdot (n-2) \cdot \sum (x - \bar{x})^2}} = 1,55;$$

$$S_R = \sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}} = 0,171635.$$

$S_{a_0}, S_{a_1}, a_0, a_1$ parametrlarning standart xatolari. S_r -korrelyasiya koeffitsientining standart xatosi. t-mezonning qiymatlarini topamiz:

$$t_{a_0} = \frac{a_0}{S_{a_0}} = \frac{15,41}{12,12} = 1,27;$$

$$t_{a_1} = \frac{a_1}{S_{a_1}} = \frac{0,98}{0,2} = 4,9;$$

$$t_R = \frac{R}{S_R} = \frac{0,838}{0,17} = 4,8934.$$

4.24-jadval.

Значения $t_{\alpha,k}$ -критерия Стьюдента



Число степеней свободы k	Вероятность γ											
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99
1	0,16	0,32	0,51	0,73	1,00	1,38	1,96	3,08	6,31	12,71	31,82	63,66
2	0,14	0,29	0,44	0,62	0,82	0,96	1,38	1,89	2,92	4,30	6,96	9,92
3	0,14	0,28	0,42	0,58	0,76	0,98	1,25	1,64	2,35	3,18	4,54	5,84
4	0,13	0,27	0,41	0,57	0,74	0,94	1,19	1,53	2,01	2,78	3,75	4,60
5	0,13	0,27	0,41	0,56	0,73	0,92	1,16	1,48	1,94	2,68	3,64	4,50
6	0,13	0,26	0,40	0,55	0,72	0,91	1,15	1,44	1,88	2,64	3,58	4,44
7	0,13	0,26	0,40	0,55	0,71	0,90	1,14	1,43	1,87	2,63	3,56	4,41
8	0,13	0,26	0,40	0,55	0,70	0,89	1,13	1,42	1,86	2,62	3,55	4,40
9	0,13	0,26	0,40	0,54	0,70	0,88	1,12	1,41	1,85	2,61	3,54	4,39
10	0,13	0,26	0,40	0,54	0,70	0,88	1,12	1,41	1,85	2,61	3,54	4,38

Styudent taqsimoti bo'yicha jadvaldan ushbu ma'lumot aniqlanadi, ya'ni $t_{jadv}(\alpha, k)$, α -muhimlik darajasi, k -ozod daraja bo'lib, $k = n - 2$. Bunda n -kuzatishlar soni, 2 parametrlar soni (a va b parametrlar). Keyin Styudent mezonining hisoblangan va jadval qiymatlari taqqoslanadi. Agar $t_{his} \leq t_{jadv}$ o'rinli bo'lsa, u holda . Agar $t_{his} > t_{jadv}$ o'rinli bo'lsa, u holda x omil y natijaviy omilga ta'sir qiladi. Ya'ni, x va y omillar o'rtasida bog'lanish mavjud bo'ladi. Jadvaldan $t_{jadv}(0,95;10) = 2,23$ topildi.

Ko'rinadiki, t_{jadv} –mezonning qiymat va uning hisoblangan qiymatlar taqqoslanadi:

$$t_{a_0} = 1,27 < t_{jad} = 2,23; t_{a_1} = 4,9 > t_{jad} = 2,23; t_R = 4,92 > t_{jad} = 2,23.$$

Bundan a_0 -reressiya tenglamasi uchun muhim emas. a_1 -muhim, R -korrelyasiya koeffitsiyentining muhimligi kelib chiqadi.

6. Ishonchlilik intervallari

a_0 va a_1 parametrlarni intervalli baholash uchun ishonchlilik oraiqlari tushunchalarikiritilgan. Ishonchlilik intervalideb shunday intervalga aytiladiki, uning analitik qiymatlari $p=1-\alpha$ ehtimollik bilan quyidagicha aniqlanadi:

$$I_{a_0} = (a_0 - t_{jad}(\alpha, n-2) \cdot S_{a_0}; a_0 + t_{jad}(\alpha, n-2) \cdot S_{a_0}); \text{ bunda}$$

$$S_{a_0} = \sqrt{\frac{\sum (y - \bar{y})^2}{(n-2) \cdot \sum (x - \bar{x})^2}}.$$

$$I_{a_1} = (a_1 - t_{jad}(\alpha, n-2) \cdot S_{a_1}; a_1 + t_{jad}(\alpha, n-2) \cdot S_{a_1}); \text{ bunda}$$

$$S_{a_1} = \sqrt{\frac{\sum x^2 \cdot \sum (y - \bar{y})^2}{n \cdot (n-2) \cdot \sum (x - \bar{x})^2}}.$$

$$I_R = (R - t_{jad}(\alpha, n-2) \cdot S_R; R + t_{jad}(\alpha, n-2) \cdot S_R); \text{ bunda}$$

$$S_R = \sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}}.$$

Endi regressiyaning parametrlari va korrelyasiya koeffitsienti uchun ishonchlik intervallarini topamiz. Buning uchun har bir ko'rsatkich uchun limit xatolikni hisoblaymiz:

$$\Delta_{a_0} = t_{jadv} \cdot S_{a_0} = 2,23 \cdot 0,2 = 0,446;$$

$$\Delta_{a_1} = t_{jadv} \cdot S_{a_1} = 2,23 \cdot 1,55 = 3,4565;$$

$$\Delta_R = t_{jadv} \cdot S_R = 2,23 \cdot 0,171635 = 0,3827.$$

$$\gamma_{a_0} = a_0 \pm \Delta_{a_0} = 0,982 \pm 0,446, \gamma_{a_{min}} = 0,5345, \gamma_{a_{max}} = 1,42954;$$

$$\gamma_{a_1} = a_1 \pm \Delta_{a_1} = 15,412 \pm 3,4565, \gamma_{b_{min}} = 11,94, \gamma_{b_{max}} = 18,87;$$

$$\gamma_r = r \pm \Delta_r = 0,8399 \pm 0,3827, \gamma_{r_{min}} = 0,4571, \gamma_{r_{max}} = 1,00.$$

Ishonchlik intervallarining yuqori va quyi chegaralarining tahlili shunday xulosaga olib keladiki, a va b parametrlar $p = 1 - \alpha = 0,95$ ga teng ehtimollik bilan ko'rsatilgan chegaralarda nolga teng qiymatlarni qabul qilmaydi, ya'ni statistik *ma'nodor* va noldan anchagina farq qiladi.

Bu maoshning (y)84% variatsiyasi jon boshiga zarur minimal xarajat omili x bilan tushuntirilishini anglatadi.

7. O'rtacha approksimasiya xatosi

Dastlabki qiymat va model bo'yicha hisoblangan qiymatlar farqining $(y_i - \tilde{y}_i)$ jarayon uchun approksimatsiyaning o'rtacha xatoligi quyidagi formula bilan topiladi:

$$\bar{A} = \frac{1}{n} \cdot \left(\sum_{i=1}^n \left| \frac{(y_i - \tilde{y}_i)}{y_i} \right| \right) \cdot 100\%.$$

Approksimatsiyaning o'rtacha xatoligi model sifatini aniqlash uchun ishlatiladi. Approksimatsiyaning o'rtacha xatoligi uchun $5,4\% < 8\%$ tengsizlik o'rinli bo'lgani uchun qurilgan model sifati *yaxshi* deb baholanadi. Approksimatsiyaning o'rtacha xatoligi 10 % dan kam bo'lsa, tanlangan model muhim bo'ladi.

x va y omillar uchun o'rtacha kvadratik chetlashish quyidagicha topiladi:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n}}; \sigma_y = \sqrt{\frac{\sum (y - \bar{y})^2}{n}}.$$

Hisoblashlarni amalga oshiramiz. Approksimatsiyaning o'rtacha xatoligi model sifatini aniqlaydi:

$$\bar{A} = \frac{1}{n} \cdot \left(\sum_{i=1}^n \left| \frac{(y_i - \tilde{y}_i)}{y_i} \right| \right) \cdot 100\% = \frac{64,8}{12} \% = 5,4\% \text{ bu yerda}$$

$$A_i = \left| \frac{y_i - \tilde{y}_i}{\tilde{y}_i} \right| \cdot 100, i = 1, 2, 3 \dots n.$$

Ushbu $5,4\% < 8\%$ tengsizlik o'rinli bo'lgani uchun qurilgan model sifati *yaxshi* deb baholanadi. Approksimatsiyaning o'rtacha xatoligi 10 % dan kam bo'lsa, tanlangan model muhim bo'ladi.

Endi σ_x, σ_y miqdorlarni hisoblaymiz:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n}} = \sqrt{\frac{612}{12}} = 7,14$$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum (y - \bar{y})^2}{n}} = \sqrt{\frac{836,7}{12}} = 8,34$$

x va y omillar uchun o'rtacha kvadratik chetlashish quyidagicha topildi.

8. Elastiklik koeffitsiyenti

Elastiklik koeffitsiyenti x 1% ga o'zgarganda y ning o'zgarishiga aytiladi. x_k ning ixtiyoriy qiymat bo'icha quyidagicha topiladi:

$$E = \tilde{y}'(x) \cdot \frac{x_k}{\tilde{y}(x_k)}.$$

Chiziqli regressiya uchun elastiklik koeffitsiyenti quyidagiga teng:

$$E = a \cdot \frac{x_k}{a \cdot x_k + b}.$$

O'rtacha elastiklik koeffitsiyenti quyidagi formula bilan topiladi:

$$\bar{E} = b \cdot \frac{\bar{x}}{\bar{y}}.$$

O'rtacha elastiklik koeffitsiyenti x omilning 1% ga o'zgarishi y ning o'rtacha o'zgarishini aniqlaydi.

9. Regressiya tenglamasi prognozlash

Agar zarur minimum xarajat $k\%$ oshirishda bashorat qiymati

$x_p = \bar{x} \cdot k$ ming so'm bo'lsa, regressiya tenglamasi yordamida x_k omilning har bir qiymatiga y_k qiymatning mos kelishi quyidagi formula yordamida nuqtali prognoz qilinadi:

$$\tilde{y}_k = a + b \cdot x_k$$

Regressiya tenglamasi uchun olingan baholar undan bashorat qilishda foydalanish mumkinligini bildiradi. Agar zarur minimum xarajat 7% oshirishda bashorat qiymati

$$x_k = \bar{x} \cdot 1,07 = 64,2 \text{ ming so'm bo'lsa,}$$

maoshning bashorat qiymati

$$\tilde{y}_k = 0,98 \cdot 64,2 + 15,41 = 78,46 \text{ ming so'm bo'ladi.}$$

10. Bashorat xatoligini aniqlash

y_k ning intervalli qiymati p ehtimollik bilan intervallic prognoz quyidagicha amalga oshiriladi:

$$I_p = (y_k - t_{jad}(\alpha, n-2) \cdot S_{y_k}; y_k + t_{jad}(\alpha, n-2) \cdot S_{y_k}),$$

bunda t -taqsimot bo'yicha $t_{jad}(\alpha, n-2)$ aniqlanadi. S_{y_k} quyidagi formula bilan topiladi.

Bashorat xatoligi:

$$S_{y_k} = S_{goldiq} \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(x_p - \bar{x})^2}{\sum (x - \bar{x})^2}}, \text{ bunda } S_{oldiq}^2 = \frac{\sum (y - \tilde{y})^2}{n-2}.$$

Bashorat xatoligi:

$$S_{yk} = S_{qoldiq} \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(x_p - \bar{x})^2}{\sum (x - \bar{x})^2}}, \text{ bunda } S_{qoldiq} = \sqrt{\frac{\sum (y - \bar{y})^2}{n - 2}}.$$

Bashoratning ishonchlilik intervali

$$\gamma_{\bar{y}_k} = \bar{y}_k \pm \Delta_{\bar{y}_k}; \quad \gamma_{\bar{y}_{k \min}} = \bar{y}_k - \Delta_{\bar{y}_k}; \quad \gamma_{\bar{y}_{k \max}} = \bar{y}_k + \Delta_{\bar{y}_k}, \quad \text{bunda}$$

bashoratning limit xatoligi $\Delta_{\bar{y}_k} = t_{jad} \cdot S_{qoldiq}$.

Bashoratning limit xatoligi 95% holatlarda $\gamma_{\bar{y}_{k \min}} = \bar{y}_k - \Delta_{\bar{y}_k};$

$\gamma_{\bar{y}_{k \max}} = \bar{y}_k + \Delta_{\bar{y}_k}$, bunda bashoratning limit xatoligi $\Delta_{\bar{y}_k} = t_{jad} \cdot S_{qoldiq}$ bilan aniqlanadi.

Hisoblashlarni amalga oshiramiz.

Bashorat xatoligi:

$$S_{yk} = S_{qoldiq} \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(x_p - \bar{x})^2}{\sum (x - \bar{x})^2}} = 15,7 \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{12} + \frac{(67,2 - 60)^2}{612}} = 15,7 \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{12} + \frac{7,2^2}{612}} = 16,56,$$

$$\text{bunda } S_{qoldiq} = \sqrt{\frac{\sum (y - \bar{y})^2}{n - 2}} = 15,699.$$

Bashoratning limit

xatoligi

$$\Delta_{\bar{y}_k} = t_{jad} \cdot S_{qoldiq} = 2,23 \cdot 16,699 = 36,9.$$

Bashoratning ishonchlilik intervali

$$\gamma_{\bar{y}_k} = \bar{y}_k \pm \Delta_{\bar{y}_k} = 78,46 \pm 36,9;$$

$$\gamma_{\bar{y}_{k \min}} = \bar{y}_k - \Delta_{\bar{y}_k} = 78,46 - 36,9 = 41,54;$$

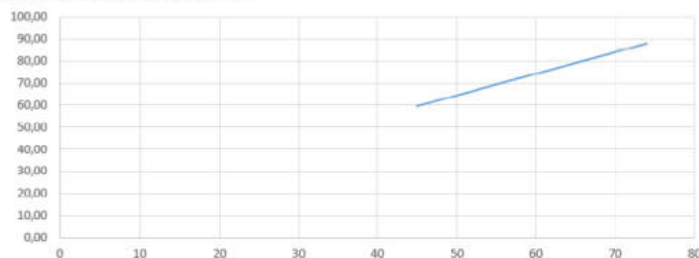
$$\gamma_{\bar{y}_{k \max}} = \bar{y}_k + \Delta_{\bar{y}_k} = 78,46 + 36,9 = 115,378$$

Bashoratning limit xatoligi 95% holatlarda 36,9 dan ortmaydi. O'rtacha oylik maoshning topilgan bashorati ishonchli deb hisoblanadi:

($p = 1 - \alpha = 1 - 0,05 = 0,95$) va 40,66 ming so'm bilan 116,26 ming so'm orasida bo'ladi.

11. Regressiya tenglamasini grafigini yasash

Masalalar yechimining nihoyasida bitta koordinata sistemasida berilgan 12 ta nuqta va chiziqli regressiya to'g'ri chizig'i Excel elektron jadvalda yasaldi.



Bajarish uchun topshiriqlar

4.6- masala. . Quyidagi jadvalda ma'lumotlar berilgan.

4.25-jadval.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
x	78	82	87	79	89	106	67	88	73	87	76	115
y	133	148	134	154	162	195	139	158	152	162	159	173

Jadvalda n -oila guruhlari; y -bir kunlik o'rtacha maosh, x -ish bilan band bo'lganlar uchun bir kunlik minimum xarajat.

Quyidagilar aniqlansin:

1.Regressiya tenglamasini tuzish.

2.Bog'lanish zichligini aniqlash.

3.Regressiya tenglamasining *ma'nodorligini* aniqlash.

4. Regressiya tenglamasi prognozlash.

5. Bashorat xatoligini aniqlash.

6. Regressiya tenglamasini grafigini yasash.

4.7-masala. x - molning bahosi; y -molning sotilishi. y -molning sotilishining x - molning bahosi orasidagi bog'lanishining regressiya tenglamasi tuzilsin. Ma'lumotlar quyidagi jadvalda berilgan.

4.26-jadval.

n	1	2	3	4	5	6	7
y	41	34	45	49	54	57	59
x	2,5	2,8	3,24	4,05	4,85	5,76	6,8

Quyidagilar aniqlansin:

1.Regressiya tenglamasini tuzish.

2.Bog'lanish zichligini aniqlash.

3.Regressiya tenglamasining *ma'nodorligini* aniqlash.

4. Regressiya tenglamasi prognozlash.

5. Bashorat xatoligini aniqlash.

6. Regressiya tenglamasini grafigini yasash.

4.8-masala. x - yillik iflyasiya (%), y -mamlakatning yillik jon boshiga to'g'ri keladigan yalpi mahsulot. y - mamlakatning yillik jon boshiga to'g'ri keladigan yalpi mahsulotning x - yillik iflyasiya (%) orasidagi bog'lanishining regressiya tenglamasi tuzilsin.

Ma'lumotlar quyidagi jadvalda berilgan.

4.27-jadval.

n	1	2	3	4	5	6	7
y	45	24	36	44	56	75	28
x	3,4	2,4	4,5	3,9	5,4	6,7	4,9

Quyidagilar aniqlansin:

1. Regressiya tenglamasini tuzish.
2. Bog'lanish zichligini aniqlash.
3. Regressiya tenglamasining ma'nodortligini aniqlash.
4. Regressiya tenglamasi prognozlash.
5. Bashorat xatoligini aniqlash.
6. Regressiya tenglamasini grafigini yasash.

4.9-masala. x- ishsizlar (yil), y- ishsizlik darajasi(%) . y- ishsizlik darajasi(%)ning x- ishsizlar (yil) orasidagi bog'lanishining regressiya tenglamasi tuzilsin. Ma'lumotlar quyidagi jadvalda berilgan.

4.28-jadval.

n	1	2	3	4	5	6	7
y	2,5	2,8	3,24	4,05	4,85	5,76	6,8
x	41	34	45	49	54	57	59

Quyidagilar aniqlansin:

1. Regressiya tenglamasini tuzish.
2. Bog'lanish zichligini aniqlash.
3. Regressiya tenglamasining ma'nodortligini aniqlash.
4. Regressiya tenglamasi prognozlash.
5. Bashorat xatoligini aniqlash.
6. Regressiya tenglamasini grafigini yasash.

4.10-masala. x- o'lchash(miqdori), y-o'lchashdagi xatolik (sm) . y-o'lchashdagi xatolik (sm)ning x- o'lchash(miqdori) orasidagi bog'lanishining regressiya tenglamasi tuzilsin. Ma'lumotlar quyidagi jadvalda berilgan.

4.29-jadval.

n	1	2	3	4	5	6	7
y	2,1	1,2	1,6	3,2	3,7	1,1	4,8
x	27	36	28	38	34	29	34

Quyidagilar aniqlansin:

1. Regressiya tenglamasini tuzish.
2. Bog'lanish zichligini aniqlash.
3. Regressiya tenglamasining ma'nodortligini aniqlash.
4. Regressiya tenglamasi prognozlash.
5. Bashorat xatoligini aniqlash.
6. Regressiya tenglamasini grafigini yasash.

4.11-masala. x- ishlatiladigan ko'mir (mln.so'm), y-metalni qayta ishlash (mln.so'm). y-metalni qayta ishlash (mln.so'm) ning x- ishlatiladigan ko'mir (mln.so'm) orasidagi bog'lanishining chiziqli va darajali regressiya tenglamasi tuzilsin. Ma'lumotlar quyidagi jadvalda berilgan.

4.30-jadval.

n	1	2	3	4	5	6	7
y	4,1	4,8	3,7	5,3	3,5	4,4	3,2
x	0,2	0,3	1,5	1,7	1,6	1,8	1,3

Quyidagilar aniqlansin:

1. Regressiya tenglamasini tuzish.
2. Bog'lanish zichligini aniqlash.
3. Regressiya tenglamasining ma'nodortligini aniqlash.
4. Regressiya tenglamasi prognozlash.
5. Bashorat xatoligini aniqlash.
6. Regressiya tenglamasini grafigini yasash.

4.12-masala. x- ishlatiladigan ko'mir (mln.so'm), y-metalni qayta ishlash (mln.so'm). y-metalni qayta ishlash (mln.so'm) ning x- ishlatiladigan ko'mir (mln.so'm) orasidagi bog'lanishining chiziqli va darajali regressiya tenglamasi tuzilsin. Ma'lumotlar quyidagi jadvalda berilgan.

4.31-jadval.

n	1	2	3	4	5	6	7
y	4,1	4,8	3,7	5,3	3,5	4,4	3,2
x	0,2	0,3	1,5	1,7	1,6	1,8	1,3

Quyidagilar aniqlansin:

1. Regressiya tenglamasini tuzish.
2. Bog'lanish zichligini aniqlash.
3. Regressiya tenglamasining ma'nodortligini aniqlash.
4. Regressiya tenglamasi prognozlash.
5. Bashorat xatoligini aniqlash.
6. Regressiya tenglamasini grafigini yasash.

4.13-masala. x- uglevod oksidi (ifloslangan gaz((mg / kub. m.)), y-bemor (ming kishi). Ma'lumotlar quyidagi jadvalda berilgan.

4.32-jadval.

n	1	2	3	4	5	6	7
y	4,1	4,8	3,7	5,3	3,5	4,4	3,2
x	0,2	0,3	1,5	1,7	1,6	1,8	1,3

- 1) y-bemorlarning x- uglevod oksidi (ifloslangan gaz) orasmdagi chiziqli regressiya tenglamasini tuzing;
- 2) Fisher mezoni bo'yicha modelning sifati baholansin.

4.14-masala. y-oila tomonidan sotib olingan sanoatmahsulotlari miqdori(%) , x- oiladagi bir a'zosining o'rtacha oylik o'rtacha ish haqi(mln.so'm).

4.33-jadval.

n	1	2	3	4	5	6	7
y	23	15	28	29	40	47	29
x	0,12	0,145	0,124	0,120	0,186	0,196	0,145

Jadval 2.1.ma'lumotlariga asosan quyidagi topsiriqlar

bajarilsin:

1. Juft chiziqli regressiya tenglamasi tuzilsin.
2. Kvadratik qoldiq S_{qoldiq} , parametrlarning dispersiyalari $S_{a_0}^2$ va $S_{a_1}^2$ baholansin.
3. O'rtaca approksimasiya xatosi aniqlansin.
4. Oiladagi bir a'zosining o'rtacha oylik o'rtacha ish haqi 4% ga o'sganda sotib olingan sanoatmahsulotlari miqdori tahlil qilinsin.
5. Prognozning $p=0,95$ ehtimollik bilan ishonchlik oraliqlari aniqlansin.

4.15-masala. x- sug'urta to'lovi (mln.so'm). y- sug'urta mukofoti (mln.so'm).

4.34-jadval.

n	1	2	3	4	5	6	7
y	81,6	37,52	98,4	59,7	40,1	47,2	29,5
x	60	43	17	47	27	25	15

1. Juft chiziqli regressiya tenglamasi tuzilsin.
 2. Kvadratik qoldiq S_{qoldiq} , parametrlarning dispersiyalari $S_{a_0}^2$ va $S_{a_1}^2$ baholansin.
 3. O'rtaca approksimasiya xatosi aniqlansin.
- 4.16-masala.** 10 yilda sug'urta to'lovi (mln.so'm)da y- sug'urta mukofoti (mln.so'm) bog'liqligi $y = 5,12 + 2,36 \cdot x$ regressiya tenglamasi bilan berilgan.

$$SS_{omux} = \sum (\hat{y} - \bar{y})^2 = 810,25; SS_{qoldiq} = \sum (y - \hat{y})^2 = 16,75$$

ekanligi ma'lum.

Quyidagilar

- 1) dispersiyaning tahlil jadvali tuzilsin;
- 2) Fisher mezon bo'yicha modelning sifati baholansin;
- 3) korrelyasiya koeffitsiyenti va determinasiya koeffitsiyenti topilsin.

Muhokama uchun savollar

1. Qaysi model juft regressiya deb ataladi?
2. Juft regressiya modeli qachon qo'llaniladi?
3. Juftlik regressiyasining empirik ma'lumotlar jadvali nima?
4. Hisoblangan (model) o'rtasidagi farqlar qanday nomlanadi?
5. Modelning muhimligini baholash uchun qanday qoida qo'llaniladi?
6. Juft regressiyaga analitik turni tanlash uchun qanday usullardan foydalaniladi?
7. Ekonometrik model tuzish uchun omillarni tanlash uslubiyoti nimalardan iborat?
8. Korrelyatsiya va determinasiya koeffitsientlari nimani tavsiflaydi?
9. Student mezon nima uchun ishlatiladi?
10. Tenglama bo'yicha nuqta va intervalli prognoz qanday hisoblanadi?
11. Ekonometrik model parametrlarini iqtisodiy tahlilini tushuntirib bering.
12. Elastiklik koeffitsiyentlarining iqtisodiy mohiyati nimalardan iborat va ular qanday hisoblanadi?
13. Model sifatini baholash uchun qanday mezonlardan foydalaniladi?
14. Dispersiyani tahlil qilish jadvali qanday jihatlarni o'z ichiga oladi?
15. To'la dispersiya qaysi tarkibiy qismlarga bo'linadi?
16. Qoldiq dispersiya nima deyiladi?
17. Elastiklik koeffitsienti nimani ko'rsatadi?
18. Ahamiyatlilikni baholash uchun qanday mezon qo'llaniladi?
19. Model parametrlarining intervalli taxminlari qanday hisoblanadi?
20. Approksimasiya xatosi nimani aniqlaydi?

CHIZIQSIZ REGRESSIYA



5.1. IJTIMOIIY-IQTISODIY JARAYONLAR O'RTASIDA BOG'LANISHLARNI O'RGANISHDA CHIZIQSIZ FUNKSIYALAR BILAN FOYDALANISH

Korrelyatsion boq'lanishda regressiya chizig'i egri chiziq bilan ifodalansa, u holda bu korrelyatsiya *egri chiziqli korrelyatsiya* deyiladi.

Korrelyatsion boq'lanish *uchinchi tartibli parabolik* korrelyatsiyaga ega bo'lsa y ning x ga ko'ra regressiya tenglamasi

$$\tilde{y} = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3, \quad (5.1)$$

ko'rinishda bo'ladi.

Funksiyalar parametrlari odatda “**eng kichik kvadratlar**” usuli bilan aniqlanadi. Eng kichik kvadratlar usulini mazmuni quyidagicha: haqiqiy miqdorlarning tekislangan miqdorlardan

$$S = \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1x - a_2x^2 - a_3x^3)^2 \rightarrow \min.$$

$$S = \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1x - a_2x^2 - a_3x^3)^2 \text{ funksiyadan } a_0, a_1, a_2, a_3$$

parametrlar bo'yicha hosila olib nolga tenglashtiramiz:

$$\begin{cases} \frac{\partial S}{\partial a_0} = -2 \sum (y - a_0 - a_1x - a_2x^2 - a_3x^3) = 0 \\ \frac{\partial S}{\partial a_1} = -2 \sum (y - a_0 - a_1x - a_2x^2 - a_3x^3) \cdot x = 0 \\ \frac{\partial S}{\partial a_2} = -2 \sum (y - a_0 - a_1x - a_2x^2 - a_3x^3) \cdot x^2 = 0 \\ \frac{\partial S}{\partial a_3} = -2 \sum (y - a_0 - a_1x - a_2x^2 - a_3x^3) \cdot x^3 = 0 \end{cases}, \quad (5.2)$$

(2) tenglamalar sistemasidan quyidagi tenglamalar sistemasini hosil qilamiz:

$$\begin{cases} na_0 + a_1 \sum x + a_2 \sum x^2 + a_3 \sum x^3 = \sum y \\ a_0 \sum x + a_1 \sum x^2 + a_2 \sum x^3 + a_3 \sum x^4 = \sum xy \\ a_0 \sum x^2 + a_1 \sum x^3 + a_2 \sum x^4 + a_3 \sum x^5 = \sum x^2y \\ a_0 \sum x^3 + a_1 \sum x^4 + a_2 \sum x^5 + a_3 \sum x^6 = \sum x^3y \end{cases}, \quad (5.3)$$

a_0, a_1, a_2, a_3 parametrlar oldidagi koeffisient va ozod hadlar tenglamalar sistemasida ko'rsatilgan yig'indilar shaklida berilgan korrelyatsion jadval (tanlanmalar) bo'yicha hisoblanadi.

(3) tenglamalar sistemasidan quyidagi tenglamalar sistemasini Kramer qoidasi bilan yechamiz. (3) tenglamalar sistemasining asosiy dierminantini topamiz:

$$D = \begin{vmatrix} n & \sum x & \sum x^2 & \sum x^3 \\ \sum x & \sum x^2 & \sum x^3 & \sum x^4 \\ \sum x^2 & \sum x^3 & \sum x^4 & \sum x^5 \\ \sum x^3 & \sum x^4 & \sum x^5 & \sum x^6 \end{vmatrix}, (5.4)$$

Endi yordamchi determinantlarni hosil qilamiz:

$$Da_0 = \begin{vmatrix} \sum y & \sum x & \sum x^2 & \sum x^3 \\ \sum xy & \sum x^2 & \sum x^3 & \sum x^4 \\ \sum x^2y & \sum x^3 & \sum x^4 & \sum x^5 \\ \sum x^3y & \sum x^4 & \sum x^5 & \sum x^6 \end{vmatrix}, (5.5)$$

$$Da_1 = \begin{vmatrix} n & \sum y & \sum x^2 & \sum x^3 \\ \sum x & \sum xy & \sum x^3 & \sum x^4 \\ \sum x^2 & \sum x^2y & \sum x^4 & \sum x^5 \\ \sum x^3 & \sum x^3y & \sum x^5 & \sum x^6 \end{vmatrix}, (5.6)$$

$$Da_2 = \begin{vmatrix} n & \sum x & \sum y & \sum x^3 \\ \sum x & \sum x^2 & \sum xy & \sum x^4 \\ \sum x^2 & \sum x^3 & \sum x^2y & \sum x^5 \\ \sum x^3 & \sum x^4 & \sum x^3y & \sum x^6 \end{vmatrix}, (5.7)$$

$$Da_3 = \begin{vmatrix} n & \sum x & \sum x^2 & \sum y \\ \sum x & \sum x^2 & \sum x^3 & \sum xy \\ \sum x^2 & \sum x^3 & \sum x^4 & \sum x^2y \\ \sum x^3 & \sum x^4 & \sum x^5 & \sum x^3y \end{vmatrix}, (5.8)$$

a_0, a_1, a_2, a_3 parametrlarni Kramer qoidasiga ko'ra quyidagi-cha topiladi:

$$a_0 = \frac{Da_0}{D}, a_1 = \frac{Da_1}{D}, a_2 = \frac{Da_2}{D}, a_3 = \frac{Da_3}{D}, (5.9)$$

Egri chiziqli korrelyatsiyada Y ning X ga yoki aksincha X ning Y ga regressiya tenglamasi **to'rtinchi tartibli parabolik** ($\tilde{y} = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + a_4x^4$ ko'rinishda), **giperbolik** ($\tilde{y} = a_0 + \frac{a_1}{x}$ ko'rinishda) shakllarda ham bo'lishi mumkin. Y ning X ga korrelyatsiyasining kuchini (zichligini) baholash uchun η_{yx} tanlanma korrelyatsion nisbat qaraladi:

$$\eta_{yx} = \sqrt{1 - \frac{\sum (y - \tilde{y})^2}{\sum (y - \bar{y})^2}}, (5.10)$$

Bunda n - tanlanma hajmi, $\tilde{y}$ - y belgining formula bilan hisoblangani va nihoyat $\bar{y}$ - y belgining umumiy o'rtachasi.

5.1.Masala. Korrelyatsion jadvalda berilgan ma'lumotlar bo'yicha

$\tilde{y} = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3$ regressiya tenglamasini tuzing y ning x ga korrelyatsiyasining kuchini (zichligini) korrelyatsion nisbat

bo'yicha baholang:

x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
y	7	12	11	16	17	15	19	18	20	19	21	23

Yechish.

Tenglamalar sistemasidagi parametrlar a_0, a_1, a_2, a_3 oldidagi koeffisientlarni quyidagi jadvalda keltirigandek hisoblab olamiz:

n	x	y	x ²	x ³	x ⁴	x ⁵	x ⁶	xy	x ² y	x ³ y
1	1	7	1	1	1	1	1	7	7	7
2	2	12	4	8	16	32	64	24	48	96
3	3	11	9	27	81	243	729	33	99	297
4	4	16	16	64	256	1024	4096	64	256	1024
5	5	17	25	125	625	3125	15625	85	425	2125
6	6	15	36	216	1296	7776	46656	90	540	3240
7	7	19	49	343	2401	16807	117649	133	931	6517
8	8	18	64	512	4096	32768	262144	144	1152	9216
9	9	20	81	729	6561	59049	531441	180	1620	14580
10	10	19	100	1000	10000	100000	1000000	190	1900	19000
11	11	21	121	1331	14641	161051	1771561	231	2541	27951
12	12	23	144	1728	20736	248832	2985984	276	3312	39744
yig'indi	78	198	650	6084	60710	630708	6735950	1457	12831	123797

Jadvalning so'ngi satridagi mos sonlarni yuqoridagi (3) sistemaga qo'yib

$$\begin{cases} 12a_0 + 78a_1 + 650a_2 + 6084a_3 = 198 \\ 78a_0 + 650a_1 + 6084a_2 + 60710a_3 = 1457 \\ 650a_0 + 6084a_1 + 60710a_2 + 630708a_3 = 12834 \\ 6084a_0 + 60710a_1 + 630708a_2 + 6735950a_3 = 123797 \end{cases}$$

ni hosil qilamiz. Bu sistemani yechib

$$a_0 = 3,2, a_1 = 4,74, a_2 = -0,5, a_3 = 0,024$$

larni topamiz.

Topilgan parametr qiymatlarini regressiya tenglamasi

$$\tilde{y} = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3$$

ga qo'yib, izlanayotgan regressiya tenglamasi

$$\tilde{y} = 3,2 + 4,74x - 0,5x^2 + 0,024x^3 \text{ ni hosil qilamiz.}$$

Endi Y ning X ga korrelyatsiyasining kuchini (zichligini) korrelyatsion nisbat bo'yicha baholash uchun quyidagilarni topamiz:

n	x	y	y-o'rt	(y-o'rt)kv	yto1	y-yto1	(y-yto1) ²
1	1	7	-9.5	90.25	7.34	-0.34	0.1156
2	2	12	-4.5	20.25	10.68	1.32	1.7424
3	3	11	-5.5	30.25	13.26	-2.26	5.1076
4	4	16	-0.5	0.25	15.2	0.8	0.64
5	5	17	0.5	0.25	16.62	0.38	0.1444
6	6	15	-1.5	2.25	17.64	-2.64	6.9696
7	7	19	2.5	6.25	18.38	0.62	0.3844
8	8	18	1.5	2.25	18.96	-0.96	0.9216
9	9	20	3.5	12.25	19.5	0.5	0.25
10	10	19	2.5	6.25	20.12	-1.12	1.2544
11	11	21	4.5	20.25	20.94	0.06	0.0036
12	12	23	6.5	42.25	22.08	0.92	0.8464
yig'indi	78	198	0	233	200.72	-2.72	18.38

(guruhlar aro ya'ni shartli o'rtachalar o'rta kvadratik chetlanishi).U holda η_{yx} tanlanma korrelyatsion nisbat formulasi ga ko'ra,

$$\eta_{yx} = \sqrt{1 - \frac{18,38}{233}} = \sqrt{1 - 0,079} = \sqrt{0,921} = 0,9588 \approx 0,96.$$

y ning x ga korrelyatsiyasining kuchini (zichligini)

$$\eta_{yx} = 0,96$$

bo'ladi. Omillar orasidagibog'lanish zichligi kuchli ekanligi aniqlandi.

5.2. IKKINCHI DARAJALI PARABOLA. UCHINCHI DARAJALI PARABOLA. N-DARAJALI PARABOLA. GIPERBOLA. B-DARAJALI GIPERBOLA. LOGARIFMIK FUNKSIYA.YARIM LOGARIFMIK FUNKSIYA. KO'RSATKICHLI FUNKSIYA. DARAJALI FUNKSIYA. LOGISTIK FUNKSIYA.

Iqtisodiy jarayonlarni modellashtirishda asosiy bosqich – bu funksiya va omillar o'rtasidagi aloqa shakllarini tanlashdir. Bunga yoki tekshirmay mantiqiy fikrlarga asoslanib yoki amaliy tajriba, eksperimentlar asosida erishiladi.

Bog'liqliklar to'plamidan iqtisodiy jarayoni harakteriga muvofiqroq keladigan ishlab chiqarish funksiyasini tanlashga modellashtirilayotgan obyektning texnologik, fizik-biologik va agroteknik harakteristikalarini o'rganish asosida erishiladi.

Chiziqsiz bog'lanishlarni o'rganishda quyidagi funksiyalardan foydalaniladi:

Ikkinchi darajali parabola – $y = a_0 + a_1x + a_2x^2$

Uchinchi darajali parabola – $y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3$

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

Giperbola –

$$y = a_0 + \frac{a_1}{x}$$

b- darajali giperbola –

$$y = a_0 + \frac{a_1}{x^b}$$

Logarifmik –

$$\log y = a_0 + a_1x$$

Yarim logarifmik –

$$y = a_0 + a_1 \ln x$$

Ko'rsatkichli funksiya –

$$y = a_0 a_1^x$$

Darajali funksiya –

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

BLogistik funksiya –

$$y = \frac{a_0}{1 + a_1 e^{-bx}} \text{ va boshqalar}$$

Kuzatishlar soni katta bo'lganda quyidagi korinishdagi **korrelyatsion jadval** deb ataluvchi jadvaldan foydalaniladi:

X \ Y	x ₁	x ₂	...	x _i	...	x _k	n _y
y ₁	n ₁₁	n ₁₂	...	n _{1i}	...	n _{1k}	n _{y1}
y ₂	n ₂₁	n ₂₂	...	n _{2i}	...	n _{2k}	n _{y2}
...	...	...	...	...	...	...	...
y _j	n _{ij}	n _{2j}	...	n _{ij}	...	n _{ki}	n _{yj}
...	...	...	...	...	...	...	...
y _m	n _{1m}	n _{2m}	...	n _{1m}	...	n _{km}	n _{ym}
n _x	n _{x1}	n _{x2}	...	n _{xi}	...	n _{xk}	n

Bu yerda $n_{ij}(x_i, y_j)$ - sonlar juftining tanlanmada takrorlanishlar sonini, $n_{xi} x_i$ - ning tanlanmada takrorlanishlar sonini, $n_{yj} y_j$ - ning tanlanmada takrorlanishlar sonini va n tanlanmaning hajmi bo'lib,

$$n = \sum_{i=1}^k n_{xi} = \sum_{j=1}^m n_{yj}$$

Korrelyatsion boq'lanishda regressiya chizig'i egri chiziq bilan ifodalansa, u holda bu korrelyatsiya **egri chiziqli korrelyatsiya** deyiladi.

Korrelyatsion boq'lanish **ikkinchi tartibli parabolik** korrelyatsiyaga ega bo'lsa Y ning X ga regressiya tenglamasi

$$\bar{y}_x = Ax^2 + Bx + C, (5.11)$$

ko'rinishda bo'ladi. Noma'lum A , B va C parametrlar eng kichik kvadratlar vetodiga asosan quyidagi tenglamalar sistemasidan topiladi:

$$\begin{cases} (\sum n_x x^4)A + (\sum n_x x^3)B + (\sum n_x x^2)C = \sum n_x \bar{y}_x \cdot x^2 \\ (\sum n_x x^3)A + (\sum n_x x^2)B + (\sum n_x x)C = \sum n_x \bar{y}_x \cdot x \\ (\sum n_x x^2)A + (\sum n_x x)B + nC = \sum n_x \bar{y}_x \end{cases} \quad (5.12)$$

A , B va C parametrlar oldidagi koeffisient va ozod hadlar tenglamalar sistemasida ko'rsatilgan yig'indilar shaklida berilgan korrelyatsion jadval (tanlanmalar) bo'yicha hisoblanadi.

Ikkinchi tartibli parabolik korrelyatsiyaga X ning Y ga regressiya tenglamasi shunga o'xshash

$$\bar{x}_y = A_1 y^2 + B_1 y + C_1, (5.13)$$

ko'rinishda aniqlanadi.

Egri chiziqli korrelyatsiyada Y ning X ga yoki aksincha X ning Y ga regressiya tenglamasi **uchunchi tartibli parabolik** ($\bar{y}_x = Ax^3 + Bx^2 + Cx + D$ ko'rinishda), **giperbolik** ($\bar{y}_x = \frac{a}{x} + b$ ko'rinishda) shakllarda ham bo'lishi mumkin.

Y ning X ga korrelyatsiyasining kuchini (zichligini) baholash uchun η_{yx} tanlanma korrelyatsion nisbat qaraladi:

$$\eta_{yx} = \frac{\sqrt{\frac{\sum n_x (\bar{y}_x - \bar{y})^2}{n}}}{\sqrt{\frac{\sum n_y (y - \bar{y})^2}{n}}}, (5.14)$$

Bunda n - tanlanma hajmi, n_x - X belgi qiymatlarining tanlanmada takrorlanishlar chastotasi, n_y - Y belgi qiymatlarining tanlanmada takrorlanishlar chastotasi, $\bar{y}_x$ - y belgining shartli o'rtachasi va nihoyat $\bar{y}$ - y belgining umumiy o'rtachasi. Shunga o'xshash Y ning X ga η_{xy} tanlanma korrelyatsion nisbat

$$\eta_{xy} = \frac{\sqrt{\frac{\sum n_y (\bar{x}_y - \bar{x})^2}{n}}}{\sqrt{\frac{\sum n_x (x - \bar{x})^2}{n}}}, (5.15) \text{ bo'ladi.}$$

5.2. Masala. Korrelyatsion jadvalda berilgan ma'lumotlar bo'yicha $\bar{y}_x = Ax^2 + Bx + C$

Regressiya tenglamasini tuzing Y ning X ga korrelyatsiyasining kuchini (zichligini) korrelyatsion nisbat bo'yicha baholang:

X Y	2	3	5	n_y
25	20	-	-	20
45	-	30	1	31
110	-	1	48	49
n_x	20	31	49	$n=100$

Yechish.

Jadvaldan $\bar{y}_x$ ning qiymatlarini topamiz:

X Y	2	3	5	n_y
25	20	-	-	20
45	-	30	1	31
110	-	1	48	49
n_x	20	31	49	$n=100$
$\bar{y}_x$	25	47,1	108,67	

$$\text{Izoh. } \bar{y}_{x1} = \frac{25 \cdot 20 + 45 \cdot 0 + 110 \cdot 0}{20} = 25;$$

$$\bar{y}_{x2} = \frac{25 \cdot 0 + 45 \cdot 30 + 110 \cdot 1}{31} = 47,09677;$$

$$\bar{y}_{x3} = \frac{25 \cdot 0 + 45 \cdot 1 + 110 \cdot 48}{49} = 108,6735.$$

A , B va C koeffisientlarni topish uchun

$$\begin{cases} (\sum n_x x^4)A + (\sum n_x x^3)B + (\sum n_x x^2)C = \sum n_x \bar{y}_x x^2 \\ (\sum n_x x^3)A + (\sum n_x x^2)B + (\sum n_x x)C = \sum n_x \bar{y}_x x \\ (\sum n_x x^2)A + (\sum n_x x)B + nC = \sum n_x \bar{y}_x \end{cases}$$

Tenglamalar sistemasidagi parametrlar A , B va C oldidagi koeffisientlarni quyidagi jadvalda keltirigandek hisoblab olamiz:

x	n_x	$\bar{y}_x$	$n_x x$	$n_x x^2$	$n_x x^3$	$n_x x^4$	$n_x \bar{y}_x x$	$n_x \bar{y}_x x^2$
2	20	25	40	80	160	320	500	1000
3	31	47,1	93	279	837	2511	4380	13141
5	49	108,67	245	1225	6125	30625	5325	26624
$\sum$	100		378	1584	7122	33456	7285	32004

Jadvalning so'ngi satridagi mos sonlarni yuqoridagi sistemaga qo'yib

$$\begin{cases} 33456A + 7122B + 1584C = 148262 \\ 7122A + 1584B + 378C = 32004 \\ 1584A + 378B + 100C = 7285 \end{cases}$$

ni hosil qilamiz. Bu sistemani yechib

$$A = 2,89, B = 7,61, C = -1,81$$

larni topamiz. Topilgan parametr qiymatlarini regressiya tenglamasi

$$\bar{y}_x = Ax^2 + Bx + C$$

ga qo'yib, izlanayotgan regressiya tenglamasi

$$\bar{y}_x = 2,89x^2 + 7,61x - 1,81 \quad \text{ni hosil qilamiz.}$$

Endi Y ning X ga korrelyatsiyasining kuchini (zichligini) korrelyatsion nisbat bo'yicha baholash uchun quyidagilarni topamiz:

$$\bar{y} = \frac{\sum n_y y}{n} = \frac{20 \cdot 25 + 31 \cdot 45 + 49 \cdot 110}{100} = 72,85$$

(Y belgining umumiy o'rtachasi);

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum n_y (y - \bar{y})^2}{n}} = \sqrt{\frac{20(25 - 72,85)^2 + 31(45 - 72,85)^2 + 49(110 - 72,85)^2}{100}} = 37,07$$

(Y belgining umumiy o'rtacha kvadratik chetlanishi);

$$\sigma_{\bar{y}_x} = \sqrt{\frac{\sum n_x (\bar{y}_x - \bar{y})^2}{n}} = \sqrt{\frac{20(25 - 72,85)^2 + 31(47,1 - 72,85)^2 + 49(108,67 - 72,85)^2}{100}} = 35,94$$

(guruhlar aro ya'ni shartli o'rtachalar o'rta kvadratik chetlanishi).U holda η_{yx} tanlanma korrelyatsion nisbat formulasi

$$\eta_{yx} = \frac{\sqrt{\frac{\sum n_x (\bar{y}_x - \bar{y})^2}{n}}}{\sqrt{\frac{\sum n_y (y - \bar{y})^2}{n}}} = \frac{\sigma_{\bar{y}_x}}{\sigma_y}$$

ga ko'ra, Y ning X ga korrelyatsiyasining kuchini (zichligini)

$$\eta_{yx} = \frac{\sigma_{\bar{y}_x}}{\sigma_y} = \frac{35,94}{37,07} = 0,97$$

bo'ladi. Omillar orasidagibog'lanish zichligi kuchli ekanligi aniqlandi.

5.3. CHIZIQSIZ BOG'LANISHLAR UCHUN KORRELYASIYA INDEKSINI HISOBLASH. DETERMINASIYA KOEFFISIYENTI. KORRELYATSION TAHLILNING IQTISODIY MA'NOSI.

Bir necha belgilar orasidagi korrelyatsiyaga *to'plam*iy korrelyatsiya deyiladi.

Eng oddiy to'plamiy korrelyatsiya belgilar soni uchta va boglanich chiziqli bo'lgan holdir:

$$z = ax + by + c.$$

Bu holda quyidagi masalalarni hal qilish rerak:

1) kuzatish ma'lumotlari (tanlanma) bo'yicha bog'lanishning

$$z = ax + by + c$$

korinishdagi tanlanma tenglamasini ya'ni a , b va c parametrlarni topish;

2) Z bilan ikkala X , Y belgi orasidagi bog'lanish zichligini aniqlash;

3) Z va X (Y o'zgarmas bo'lganda) orasidagi, Z va Y (X o'zgarmas bo'lganda) orasidagi bog'lanish zichligini baholash.

Birinchi masala eng kichik kvadratlar usuli yordamida yechiladi, bunda

$$z = ax + by + c$$

tenglama o'rni

$$z - \bar{z} = a(x - \bar{x}) + b(y - \bar{y})$$

ko'rinishdagi bog'lanish tenglamasini izlash qulayroq, bu yerda

$$a = \frac{r_{xz} - r_{yz} r_{xy}}{1 - r_{xy}^2} \cdot \frac{\sigma_z}{\sigma_x}; \quad b = \frac{r_{yz} - r_{xz} r_{xy}}{1 - r_{xy}^2} \cdot \frac{\sigma_z}{\sigma_y}$$

bo'lib, r_{xz} , r_{yz} , r_{xy} - lar mos ravishda X va Z , Y va Z , X va Y belgilar orasidagi korrelyatsiya ko'effisientlari; σ_x , σ_y , σ_z - lar esa o'rta kvadratik chetlanishlardir.

Z belgining X , Y belgilar bilan bog'lanish zichligi ushbu tanlanma *to'plam*iy korrelyatsiya ko'effisienti bilan baholanadi:

$$R = \sqrt{\frac{r_{xz}^2 - 2r_{xy}r_{xz}r_{yz} + r_{yz}^2}{1 - r_{xy}^2}},$$

Shu bilan birga $0 \leq R \leq 1$.

Z va X (Y o'zgarmas bo'lganda) orasidagi, Z va Y (X o'zgarmas bo'lganda) orasidagi bog'lanish zichligi mos ravishda ushbu *xususiy tanlanma korrelyatsiya ko'effisienti* bilan baholanadi:

$$r_{xz(y)} = \frac{r_{xz} - r_{xy}r_{yz}}{\sqrt{(1 - r_{xy}^2)(1 - r_{yz}^2)}}; \quad r_{yz(x)} = \frac{r_{yz} - r_{xy}r_{xz}}{\sqrt{(1 - r_{xy}^2)(1 - r_{xz}^2)}}.$$

5.3-masala.Quyidagi jadvalda bodringnini uzunligi (X), yo'g'onligi (Y) va og'irligi (Z) haqida ma'lumotlar keltirilgan. Bodringning o'zgarmas og'irlikda uzunligi va yo'g'onligi orasidagi korrelyatsiyani toping:

X(sm)	Y(sm)	Z(kg)	X(sm)	Y(sm)	Z(kg)
12	6	150	8	5	50
10	5	50	12	7	250
10	3	50	12	4	150
14	7	250	10	6	150
12	4	50	14	5	250
16	5	250	12	3	50
12	6	250	16	6	250
8	4	50	14	4	150
10	5	150	14	5	150

Yechish. Oddiy hisoblashlar yordamida X va Z, Y va Z, X va Y belgilar orasidagi korrelyatsiya koeffisientlari r_{xz}, r_{yz}, r_{xy} - larni topamiz(?):

$r_{xy} = 0,25$, $r_{xz} = 0,71$, $r_{yz} = 0,71$. Bodringning og'irligi (Z) ortganda uning (X) uzunligi va (Y) yo'g'onligi parallel ortadi. Endi

$$r_{xy(z)} = \frac{r_{xy} - r_{xz}r_{yz}}{\sqrt{(1-r_{xz}^2)(1-r_{yz}^2)}}$$

ga asosan

$$r_{xy(z)} = \frac{0,25 - 0,71 \cdot 0,71}{\sqrt{(1-0,71^2)(1-0,71^2)}} = -0,50.$$

Shunday qilib, bodringning o'zgarish og'irligida uzunligi va yo'g'onligi orasidagi xususiy tanlanma korrelyatsiya koeffisienti $r_{xy(z)} = -0,50$ ga tehg. Omillar orasidagi bog'lanish o'rtacha va teskari ekanligi aniqlandi.

Bajarish uchun topshiriqlar

5.4-masala. Korrelyatsion jadvalda berilgan ma'lumotlar bo'yicha

$\tilde{y} = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3$ regressiya tenglamasini tuzing y ning x ga korrelyatsiyasining kuchini (zichligini) rorrelyatsion nisbat bo'yicha baholang:

x	1	4	3	4	5	8	7	8	9	13	11	12
y	7	12	11	16	17	15	19	18	20	19	21	23

5.5-masala. Korrelyatsion jadvalda berilgan ma'lumotlar bo'yicha

$\tilde{y} = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3$ regressiya tenglamasini tuzing y ning x ga korrelyatsiyasining kuchini (zichligini) rorrelyatsion nisbat bo'yicha baholang:

x	2	1	4	3	5	6	8	9	10	11	13	12
y	7	12	11	16	17	15	19	18	20	19	21	23

5.6-masala Korrelyatsion jadvalda berilgan ma'lumotlar bo'yicha

$\tilde{y} = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3$ regressiya tenglamasini tuzing y ning x ga korrelyatsiyasining kuchini (zichligini) rorrelyatsion nisbat bo'yicha baholang:

x	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
y	8	13	12	17	18	16	20	19	21	20	22	24

5.7-masala. Korrelyatsion jadvalda berilgan ma'lumotlar bo'yicha

$\tilde{y} = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3$ regressiya tenglamasini tuzing y ning x ga korrelyatsiyasining kuchini (zichligini) rorrelyatsion nisbat bo'yicha baholang:

x	2	4	5	6	7	8	9	8	11	12	13	14
y	9	14	13	18	19	17	19	21	23	21	23	25

5.8-masala Korrelyatsion jadvalda berilgan ma'lumotlar bo'yicha

$\tilde{y} = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3$ regressiya tenglamasini tuzing y ning x ga korrelyatsiyasining kuchini (zichligini) rorrelyatsion nisbat bo'yicha baholang:

x	4	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
y	11	16	15	24	21	19	23	22	24	23	25	27

5.9-masala. Korrelyatsion jadvalda berilgan ma'lumotlar bo'yicha

$$\bar{y}_x = Ax^2 + Bx + C$$

regressiya tenglamasini tuzing va Y ning X ga korrelyatsiyasining kuchini (zichligini) rorrelyatsion nisbat bo'yicha baholang:

X	0	1	2	3	4	n_y
Y	0	18	1	1	-	20
	3	1	20	-	-	21
	5	3	5	10	2	20
	10	-	-	7	12	19
	17	-	-	-	20	20
n_x	22	26	18	14	20	n=100

Javob: $\bar{y}_x = 0,66x^2 + 1,23x + 1,07$, $\eta_{yx} = 0,96$.

5.10-masala. Korrelyatsion jadvalda berilgan ma'lumotlar bo'yicha

$$\bar{y}_x = Ax^2 + Bx + C$$

Regressiya tenglamasini tuzing va Y ning X ga korrelyatsiyasining kuchini (zichligini) korrelyatsion nisbat bo'yicha baholang:

X	0	4	6	7	10	n_y
7	19	1	1	-	-	21
13	2	14	-	-	-	16
40	-	3	22	2	-	27
80	-	-	-	15	-	15
200	-	-	-	-	21	21
n_x	21	18	23	17	21	$n=100$

Javob: $\bar{y}_x = 320x^2 + 13,01x + 9,09$, $\eta_{yx} = 0,99$.

5.11-masala. Korrelyatsion jadvalda berilgan ma'lumotlar bo'yicha

$$\bar{y}_x = Ax^2 + Bx + C$$

Regressiya tenglamasini tuzing va Y ning X ga korrelyatsiyasining kuchini (zichligini) korrelyatsion nisbat bo'yicha baholang:

X	0	1	2	3	4	n_y
10	20	5	-	-	-	25
11	7	15	3	1	-	26
20	-	3	17	4	-	24
35	-	-	8	13	7	28
50	-	-	-	5	42	47
n_x	27	23	28	23	49	$n=150$

Javob: $\bar{y}_x = 1,59x^2 + 3,33x + 9,4$, $\eta_{yx} = 0,83$.

5.12-masala. Korrelyatsion jadvalda berilgan ma'lumotlar bo'yicha

$$\bar{x}_y = A_1y^2 + B_1y + C_1$$

regressiya tenglamasini tuzing va X ning Y ga korrelyatsiyasining kuchini (zichligini) korrelyatsion nisbat η_{xy} bo'yicha baholang:

X	6	30	50	n_y
1	15	-	-	15
3	1	14	-	15
4	-	2	18	20
n_x	16	16	18	$n=50$

Javob: $\bar{x}_y = 2,8y^2 + 0,02y + 3,18$, $\eta_{xy} = 0,96$.

5.13-masala. Quyidagi jadvalda bodringning uzunligi (X), yo'g'onligi (Y) va og'irligi (Z) haqida ma'lumotlar keltirilgan. Bodringning o'zgarish yo'g'onlikda uzunligi va og'irligi orasidagi xususiy tanlanma korrelyatsiya koeffitsientini $r_{xz(y)}$ toping:

X(sm)	Y(sm)	Z(kg)	X(sm)	Y(sm)	Z(kg)
12	6	150	8	5	50
10	5	50	12	7	250
10	3	50	12	4	150
14	7	250	10	6	150
12	4	50	14	5	250
16	5	250	12	3	50
12	6	250	16	6	250
8	4	50	14	4	150
10	5	150	14	5	150

Javob: $r_{xz(y)} = 0,768$

5.14-masala. Sog'in sigir trik vazni X , oziqlanadigan ozuqa birligi Y va undan sogib olinadigan sut miqdori Z lar orasidagi bog'lanishlar korrelyatsiya koeffitsientlari tajriba natijalari asosida hisoblab topilgan:

$$r_{xy} = 0,65, r_{xz} = 0,76, r_{yz} = 0,87.$$

Xususiy tanlanma korrelyatsiya koeffitsientlar $r_{xz(y)}$, $r_{yz(x)}$ ni toping.

Javob: $r_{xz(y)} = 0,51$, $r_{yz(x)} = 0,77$.

Muhokama uchun savollar

1. Chiziqli regressiya nima?
2. "Eng kichik kvadratlar" usuli deganda nima tushuniladi?
3. Regressiya tenglamasi nimani anglatadi?
4. Egri chiziqli regressiya nima?
5. Korrelyatsiya koeffitsiyenti nima?
6. Korrelyatsion nisbat nima?
7. To'plamiy korrelyatsiya koeffitsienti nima?
8. Korrelyatsiya va determinatsiya koeffitsientlari nimani tavsiflaydi?
9. Student mezon nima uchun ishlatiladi?

KO'P OMILLI EKONOMETRIK TAHLIL



6.1. IQTISODIY JARAYONLARNING KO'P OMILLI XUSUSIYATLARI VA O'ZGARISH QONUNIYATLARI. EKONOMETRIK MODEL TUZISH UCHUN OMILLARNI TANLASH USLUBIYOTI.

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

Ko'p omilli regressiya y omil $x_1, x_2, \dots, x_n$ orasidagi bog'liqlanish quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$\tilde{y} = f(x_1, x_2, \dots, x_n), (1)$$

$x_1, x_2, \dots, x_n$ -omillar, $\tilde{y}$ – natijaviy belgi, n –kuzatishlar soni. Ko'p omilli regressiya parametrlarini aniqlash uchun zarur bo'lgan ma'lumotlar $x_1, x_2, \dots, x_n$ -omillarni n ta kuzatishni o'z ichiga olgan ma'lumotlar jadvali sifatida qayd etiladi va $\tilde{y}$ – natijaviy belgi aniqlanadi.

Ko'p omilli regressiyaning empirik jalval

6.1-jadval.

N	y	x_1	x_2	...	x_p
1	y_1	x_{11}	x_{21}	...	x_{p1}
2	y_2	x_{12}	x_{22}	...	x_{p2}
3	y_3	x_{13}	x_{23}	...	x_{p3}
4	y_4	x_{14}	x_{24}	...	x_{p4}
...	...	...	...	...	...
n	y_n	x_{1n}	x_{2n}	...	x_{pn}

Ko'p omilli regressiya modellarini tuzishdagi muhim masalalardan biri omillarni tanlash hisoblanadi. U ijtimoiy-iqtisodiy hodisalarni statistik va matematik mezonlardan foydalangan holda sifatini va miqdoriy jihatdan tahlil qilish asosida amalga oshiriladi.

Ko'p omilli regressiya modeli uchun omillarni tanlash (saralash) uchta bosqichda amalga oshiriladi. Omillarni tanlab olish bosqichlari quyidagilardan iborat:

1. y o'zgaruvchiga ta'sir ko'rsatuvchi omillar royxatini oldindan anikdash.
2. Omillarni qiyosiy baholash va ularning bir qismini ajratish.
3. Modellarning turli variantlarini tuzishda omillarni yakuniy tanlab olish va ular parametrlarining ahamiyatligini baholash.

Ko'p omilli regressiya modeliga kiritish uchun regressorlarni tanlash birinchi navbatda tadqiqotchining qarama-qarshi o'zgaruvchining boshqa jarayonlar bilan munosabatlarini bilishi asosida amalga oshiriladi.

Biroq regressiya modeliga kiritilgan omillar kerak:

- 1) omillar o'zaro korrelinear bo'lmisligi;
- 2) y-natijaning o'zgarishiga sezilarli ta'sir qilishi.

Omillar har bosqichdagi talabga mos kelishi shart. Omillarning yuqori o'zaro bog'liqligi multikollinearlik deb ataladi.

Multikollinearlikni aniqlash uchun omillar orasida bog'langan korrelyatsiya koeffitsiyentlari matrisasi tuziladi. Omillarni qiyosiy baholash va ularning bir qismini ajratish uchun xar bir omilning natijaviy omil y bilan va qolgan omillarning har biri bilan chiziqli bog'likligining zichligini o'lchovchi juft korrelyatsiya koeffitsiyentlarining matrisasi tuziladi.

$$K = \begin{pmatrix} r_{x_1x_1} & r_{x_1x_2} & r_{x_1x_3} & \dots & r_{x_1x_n} \\ r_{x_2x_1} & r_{x_2x_2} & r_{x_2x_3} & \dots & r_{x_2x_n} \\ r_{x_3x_1} & r_{x_3x_2} & r_{x_3x_3} & \dots & r_{x_3x_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{x_nx_1} & r_{x_nx_2} & r_{x_nx_3} & \dots & r_{x_nx_n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & r_{x_1x_2} & r_{x_1x_3} & \dots & r_{x_1x_n} \\ r_{x_2x_1} & 1 & r_{x_2x_3} & \dots & r_{x_2x_n} \\ r_{x_3x_1} & r_{x_3x_2} & 1 & \dots & r_{x_3x_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{x_nx_1} & r_{x_nx_2} & r_{x_nx_3} & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

Agar juftlashgan korrelyatsion koeffitsiyentlar matrisasida koeffitsiyentlar qiymatlari mavjud bo'lsa, u holda multikollinearlik aniqlangan hisoblanadi hamda x_1 va x_j o'zgaruvchilar kollinear deyiladi.

Bunday holda, har bir juft kollinear omillardan biri modeldan olib tashlanishi kerak. Boshqa omillarga kuchli bog'liq bo'lgan va x_j bog'liq bo'lgan omil juftlikdan chiqarib tashlanadi.

Omillar qurilgan model sifatini tahlil qilish bosqichida ikkinchi talabga javob beradi. Modelga bog'liq y o'zgaruvchining o'zgarishiga sezilarli ta'sir etuvchi omillarning kiritilishi Student mezonini yordamida kiritish va chiqarish amalga oshiriladi.

Biroq, ko'p regressiya modeliga kiritish uchun omil o'zgaruvchilarni tanlashda omillar sonini minimallashtirish tamoyilidan foydalaniladi. Buning uchun quyidagi qoidadan foydalaning: modelga kiritilgan omillar soni asl kuzatishlar hajmidan 5-15 marta kam bo'lishi kerak.

Matematik model turini tanlashda tadqiqotchi modelning soddaligi va uning parametrlarini talqin qilish mumkinligi tamoyillariga asoslanadi. Shuning uchun, eng ko'p ishlatiladigan bir nechta regressiya modellari chiziqli va darajali modellardir.

Chiziqli ko'p omilli regressiya modeli ushbu shaklga ega:

$$\hat{y} = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + \dots + a_nx_n, \quad (2)$$

a_j parametr x_j omilning o'rtacha har bir birlik o'zgarishiga **y natijaviy** omilning o'rtacha qiymati a_j birlikka o'zgarishini bildiradi.

Darajali ko'p omilli regressiya modeli ushbu shaklga ega:

$$\hat{y} = a_0 \cdot a_1^{x_1} \cdot a_2^{x_2} \cdot a_3^{x_3} \cdot \dots \cdot a_n^{x_n}, \quad (3)$$

a_j parametr x_j omilning o'rtacha 1% o'zgarishiga **y natijaviy** omilning o'rtacha qiymati a_j % ga o'zgarishini bildiradi.

6.2. XUSUSIY KORRELYASIYA. JUFT KORRELYASIYA. MULTIKOLLENIARLIK. KO'P OMILLIK KORRELYASIYA. KO'P OMILLI DETERMINASIYA KOFFISIYENTI.

Agar modelga ikki yoki undan ko'p zich chiziqli korrelyatsion o'zaro bog'langan omil kiritilsa, u holda regressiya tenglamasi bilan bir qatorda boshqa chiziqli bog'liqlik ham paydo bo'ladi. Multikollinearlik deb nomlanuvchi bunday hodisa regressiya koeffitsiyentlarining miqdorini buzib ko'rsatadi va ularning iqtisodiy talqinini qiyinlashtiradi.

Multikollinearlik - bu modelga kiritilgan omillar o'rtasidagi jips bog'liqlik.

Multikollinearlik ta'siri ostida yuzaga keldigan o'zgarishlar:

- modeldagi oshish tendensiyasiga ega bo'lgan parametrlar miqdorini buzib ko'rsatadi;
- regressiya koeffitsiyentlari iqtisodiy talqini ma'noning o'zgarishiga olib keladi;
- normal tenglamalar tizimining zaif shartlanganligini keltirib chiqaradi;
- eng muhim omilli belgilarni aniqlash jarayonini murakkablashtiradi.

Multikollinearlik muammosini hal etishda bir necha bosqichlarni ajratish mumkin. Multikollinearlik muammosini hal etish bosqichlari quyidagilardan iborat:

1. Multikollinearlikning mavjudligini aniqlash,
2. Multikollinearlik paydo bulishining sabablarini aniqlash.
3. Multikollinearlikni bartaraf etish choralarini ishlab chiqish.

Omillar o'rtasida multikollinearlikning paydo bo'lishining asosiy sabablari sifatida quyidagilarni qayd etish mumkin.

1. O'rganilayotgan omillar hodisa yoki jarayonning bir tomonini tavsiflaydi (masalan, ishlab chiqarilgan mahsulot hajmi va asosiy fondlar o'rtacha yillik qiymati ko'rsatkichlarini modelga bir vaqtning o'zida kiritish tavsiya etilmaydi, chunki ularning ikkalasi ham korxonaning o'lchamini tavsiflaydi).

6.4. UMUMLASHTIRILGAN VA BAVOSITA “ENG KICHIK KVADRATLAR” USULI (EKKU). EKONOMETRIK MODEL PARAMETRLARINI IQTISODIY TAHLILI. ELASTIKLIK KOEFFISIYENTLARI.

6.4.1. Regression – dispersion tahlili

Ko‘p omilli regressiyaning dispersion tahlili

6.2-jadval.

Variatsiya y	Ozodlik darajasi	Kvadratlar yig‘indisi	O‘rtacha Kvadrat	F
Omili	$V_{omil} = p$	$SS_{omil} = \sum (\tilde{y} - \bar{y})^2$	$MS_{omil} = \frac{SS_{omil}}{V_{omil}}$	$F = \frac{MS_{omil}}{MS_{qoldiq}}$
Qoldiqli	$V_{qoldiq} = n - p - 1$	$SS_{qoldiq} = \sum (y - \tilde{y})^2$	$MS_{qoldiq} = \frac{SS_{qoldiq}}{V_{qoldiq}}$	
Umumiy	$V_{umum} = n - 1$	$SS_{umum} = \sum (y - \bar{y})^2$		

Dispersion tahlilning asosiy asosiy ayniyati quyidagicha bo‘ladi:

$$SS_{umum} = SS_{omil} + SS_{qoldiq}.$$

S standart xato yoki qoldiqli dispersiya S^2 tanlanayotgan modellarning adekvatligini baholash uchun qo‘llaniladi.

6.4.2. Fisher mezoni (F–mezon)

Modelning zichligi va adekvatligini baholash uchun Fisher mezonidan foydalaniladi.

Quyidagi statistik gipoteza qo‘yiladi:

$$H_0: a_1 = a_2 = a_3 = \dots = a_n = 0$$

Boshqacha qilib aytganda $x_1, x_2, \dots, x_n$ omillar y natijaviy ko‘rsatkichga deyarli ta‘sir qilmaydi.

F–mezon bo‘yicha haqiqiy qiymat ushbu formula bilan hisoblanadi:

$$F = \frac{MS_{omil}}{MS_{qoldiq}} = \frac{R^2}{1 - R^2} \cdot \frac{n - p - 1}{p}, \quad (5)$$

bunda n – kuzatishlar soni; p – modelda qatnashayotgan omillar soni;

R^2 –determinasiya koeffitsiyenti.

Endi Fisherning kvantel taqsimot jadvalidan (Ilova 2) $F_{haq}(\alpha, k_1, k_2)$ ning qiymati topiladi. Bunda $k_1 = p$ va $k_2 = n - p - 1$.

Agar $F_{haq} \leq F_{jad}$ o‘rinli bo‘lsa, u holda H_0 gipoteza qabul qilinadi. Aks holda regressiya tenglamasi muhim emas.

Modelning adekvatligini baholash uchun quyidagi qoidadan foydalaniladi:

$$F_{haq} > 4 \cdot F_{jad}, \quad (6)$$

reregressiya tenglamasi adekvativ va uni prognoz qilish mumkin bo‘ladi.

6.4.3. Ko‘p omilli korrelyasiya koeffitsiyenti va determinasiya koeffitsiyenti

Ko‘p omilli korrelyasiya koeffitsiyenti $x_1, x_2, \dots, x_p$ omillar bilan natijaviy ko‘rsatkich y orasidagi bog‘liqlikning zichligini aniqlaydi.

Dispersion tahlildan foydalanilib ko‘p omilli korrelyasiya koeffitsiyenti quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$R = \sqrt{\frac{SS_{omil}}{SS_{umum}}} = \sqrt{1 - \frac{SS_{qoldiq}}{SS_{umum}}} \text{ yoki } R = \sqrt{\frac{\sum (\tilde{y} - \bar{y})^2}{\sum (y - \bar{y})^2}}, \quad (7)$$

Modelda $R(R^2)$ ning kamchiligi: $R(R^2)$ regressorlar sonining ko‘pligi. Bu kamchilikni yo‘qotish uchun kztatashlar soni omillar sonidan 6-8 marta ko‘p qilib tanlanishidir.

$R(R^2)$ ning o‘rniga tuzatilgan ushbu ko‘p faktorli korrelyasiya koeffitsiyentidan foydalaniladi:

$$R_{tuz} = \sqrt{1 - (1 - R^2) \cdot \frac{n - 1}{n - p - 1}}, \quad (8) \text{ yoki } R_{tuz}^2.$$

Determinasiya koeffitsiyenti quyidagi formula yordamida topiladi:

$$R^2 = \frac{\sum (\tilde{y} - \bar{y})^2}{\sum (y - \bar{y})^2}, \quad (9)$$

6.4.4. Xususiy korrelyasiya koeffitsiyentlari

Hozirgi vaqtda korrelyasiya modellarni tuzishda asosiy yig‘indini taksimlash ko‘p o‘lchovli qonunning normalligi shartlaridan kelib chiqiladi. Ushbu shartlar o‘rganilayotgan omillar o‘rtasidagi bog‘liqlikning chiziqli xususiyatini ta‘minlaydi, bu hol ko‘rsatkichlar sifatida korrelyasiyaning juft, alohida koeffitsiyentlari va ko‘p omilli korrelyasiya koeffitsiyentidan foydalanishni belgilab beradi. Korrelyasiyaning xususiy koeffitsiyentlari omillar yig‘indisiga ikkita belgining bog‘liqligini tavsiflaydi, bunda ushbu omillarning boshqa omillar bilan barcha bog‘liqliklari yo‘qotilgan, ya‘ni shartli-doimiy (o‘rtacha) darajada mustahkamlangan bo‘lishi kerak.

Xususiy korrelyasiya koeffitsiyenti qolgan omillarning qat‘iy belgilangan qiymatida ikkita o‘zgaruvchi o‘rtasidagi bog‘liqlikning zichligini tavsiflaydi. Xususiy korrelyasiya koeffitsiyentlari x_j omillar bilan y natijaviy ko‘rsatkich orasidagi bog‘lanishning zichligini va omillar orasidagi zichligini aniqlaydi.

Agar ikkita tasodifiy kattalik o‘rtasidagi korrelyasiya juft koeffitsiyenti o‘sha tasodifiy kattaliklar o‘rtasidagi alohida koeffitsiyentdan katta bo‘lib chiqsa, u holda bu uchinchi qat‘iy belgilangan kattalik o‘rganilayotgan kattaliklar o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlikni kuchaytiradi, ya‘ni juft koeffitsiyentning yuqori kiymati

uchinchi kattalikning ishtirok etishi bilan shartlangan. Tegishli koeffitsiyentlar bilan solishtirilganda korrelyasiya juft koeffitsiyentining past kiymati qat'iy belgilanadigan kattalik ta'siri ostida o'rganilayotgan kattaliklar o'rtasidagi bog'liqlikning zaiflashganidan dalolat beradi.

Xususi korrelyasiya koeffitsiyenti, masalan, $r_{y\bar{x}_1(x_2)}$ modelga kiritilgan uchinchilik x_2 ning ta'siri istisno etilgan holda u va x_1 kattaliklari o'rtasidagi chiziqli bog'liqlikning darajasini tavsiflaydi. U quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$r_{y\bar{x}_1(x_2)} = \frac{r_{yx_1} - r_{yx_2} \cdot r_{x_1x_2}}{\sqrt{1-r_{yx_2}^2} \cdot \sqrt{1-r_{x_1x_2}^2}}$$

x_1 ning ta'siri istisno etilgan holda u ning x_2 ga bog'liqligi quyidagi formula buyicha aniqlanadi:

$$r_{y\bar{x}_2(x_1)} = \frac{r_{yx_2} - r_{yx_1} \cdot r_{x_1x_2}}{\sqrt{1-r_{yx_1}^2} \cdot \sqrt{1-r_{x_1x_2}^2}}$$

Omllarning o'zaro bog'liqligini natijaviy omilning ta'siri bartaraf etilgan taqdirda hisoblab chiqish mumkin:

$$r_{x_1x_2(y)} = \frac{r_{x_1x_2} - r_{yx_1} \cdot r_{yx_2}}{\sqrt{1-r_{yx_1}^2} \cdot \sqrt{1-r_{yx_2}^2}}$$

Xususi korrelyasiya koeffitsiyenti -1 dan +1 gacha bo'lgan chegarada o'zgaradi. Agar korrelyasiyaning alohida koeffitsiyenti ± 1 ga teng bo'lsa, u holda ikkita kattalik o'rtasidagi bog'liqlik funksional, nolga tenglik esa ushbu kattaliklarning chiziqli bog'liqligidan dalolat beradi.

Agar korrelyasiya juft koeffitsiyentining matrisasi R mavjud bo'lsa, u holda korrelyasiya alohida koeffitsiyentlari matrisasiga o'tish korrelyasiya alohida koeffitsiyentlarini ketma-ket hisoblab chiqish va quyidagi formuladan foydalangan holda matrisada juft korrelyasiya R koeffitsiyentlarini ular bilan almashtirish asosida amalga oshiriladi:

$$r_{ij} = \frac{-A_{ij}}{\sqrt{A_{ii} \cdot A_{jj}}}$$

bu yerda r_{ij} - i va j omillar o'rtasidagi alohida korrelyasiya koeffitsiyenti;

A_{ij} - juft korrelyasiya koeffitsiyentlari matrisasining r_{ij} elementiga algebraik qo'shimcha;

A_{ii} , A_{jj} - juft korrelyasiya koeffitsiyentlari matrisasining tegishli r_{ii} va r_{jj} elementlariga algebraik ko'shimchalar.

Xususi korrelyasiya koeffitsiyentiga belgi, $\tilde{y} = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ bog'liqlik modelidagi regressiyaning tegishli belgisi bo'yicha beriladi.

Korrelyasiya alohida koeffitsiyentlari statistik kattaliklar sifatida ishonchlilik nuqtai nazaridan tahlil qilinib baholanadi.

Ushbu maqsadda quyidagi formula bo'yicha aniqlanadigan t-Styudent mezonidan foydalaniladi:

$$t_{his} = r \sqrt{\frac{n-p-1}{1-r^2}}$$

Mezonning t kiymati jadvaldagi t_{ay} qiymatlar bilan taqqoslanadi, bu yerda α - ahamiyatlilikning berilgan (ma'lum) darajasi; $\gamma = n - p - 1$ - erkinlik darajalarining soni.

Agar $t_{his} > t_{ay}$ tengsizligi bajarilsa, u holda korrelyasiya koeffitsiyentining qiymati ahamiyatli, deb tan olinadi, ya'ni korrelyasiya koeffitsiyentining nolga tengligini tasdiqlovchi nulli faraz inkor etiladi va tadqiq etilayotgan o'zgaruvchilar

o'rtasida jips statistik o'zaro bog'liqlik mavjud degan xulosaga kelinadi.

Agar xususi korrelyasiya koeffitsiyentlari kvadratga ko'tarilsa, u holda xususi determinasiya koeffitsiyentlariga ega bo'lish mumkin. Xususi determinasiya koeffitsiyenti boshqa omilning qiymati o'zgarmagan holda ushbu omilning boshqa omillardan birining ta'siri ostida variyasi ulushini ko'rsatadi.

Ikki omilli chizikli model holatida ko'p omilli korrelyasiya koeffitsiyenti quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$R_{y\bar{x}_1x_2} = \sqrt{\frac{r_{yx_1} + r_{yx_2} + 2r_{yx_1} \cdot r_{yx_2} \cdot r_{x_1x_2}}{1-r_{x_1x_2}^2}}$$

Ko'p omilli korrelyasiya koeffitsiyenti 0 dan 1 gacha bo'lgan chegarada o'zgarib turadi; u 1 ga qanchalik yaqin bo'lsa, natijali belgiga ta'sir etuvchi omillar ko'prok darajada hisobga olingan.

Juft korrelyasiya koeffitsiyenti R ning matrisasi ma'lum bo'lgan hollarda ko'p omilli korrelyasiya koeffitsiyenti quyidagi turdagi matrisali tenglamani yechgan holda topiladi:

$$R = \sqrt{1 - \frac{K}{K_{11}}}$$

bu yerda K - juft korrelyasiya koeffitsiyentlari matrisasining aniqlovchisi;

K_{11} - unda x mustaqil o'zgaruvchilarning u erksiz o'zgaruvchilar bilan bog'liqligini tavsiflovchi satr va ustun o'chirib tashlangan juft korrelyasiya koeffitsiyentlari matrisasining aniqlovchisi.

Ko'p omilli korrelyasiya koeffitsiyentining ahamiyatlilikini tekshirish uchun F -mezondan foydalanish mumkin, u quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$F = \frac{MS_{omux}}{MS_{qoldiq}} = \frac{R^2}{1-R^2} \cdot \frac{n-p-1}{p}$$

Korrelyatsion tahlildagi eng ishonchli natijalarga kuzatish obyektlarining soni (p) tahlil kilinayotgan belgilar soni (p) dan 6-8 marta ko'p bo'lgan hollarda erishiladi.

6.4.5. F-xususiy mezon va t-Styudent mezonining qo'llanilishi

F-xususiy mezon va t-Styudent mezoni alohida regressorlar uchun qo'llaniladi. Bu esa modelning optimal tarkibini tuzish uchun imkoniyatini amalga oshiradi..

a_j parametrlarning muhimligini aniqlaydi va x_j omillarning natijaviy ko'rsatkichga bog'liq emaslik gipotezasini ilgari suramiz:

$$H_0: a_1 = a_2 = a_3 = \dots = a_p = 0$$

F-Fisher xususiy mezonning qimati topiladi:

$$F_{xj} = \frac{R^2_{y x_1 x_2 \dots x_n} - R^2_{y x_1 x_2 \dots x_{j-1} x_{j+1} \dots x_p}}{1 - R^2_{y x_1 x_2 \dots x_p}} \cdot \frac{n-p-1}{1}, (9)$$

$j=1$ da

$$F_{x1} = \frac{R^2_{y x_1 x_2 \dots x_n} - R^2_{y x_2 \dots x_{j-1} x_{j+1} \dots x_p}}{1 - R^2_{y x_1 x_2 \dots x_p}} \cdot \frac{n-p-1}{1}$$

$j=2$ da

$$F_{x2} = \frac{R^2_{y x_1 x_2 \dots x_n} - R^2_{y x_1 x_3 \dots x_{j-1} x_{j+1} \dots x_p}}{1 - R^2_{y x_1 x_2 \dots x_p}} \cdot \frac{n-p-1}{1}$$

$j=p$ da

$$F_{xp} = \frac{R^2_{y x_1 x_2 \dots x_n} - R^2_{y x_1 x_2 \dots x_{j-1} x_{j+1} \dots x_p}}{1 - R^2_{y x_1 x_2 \dots x_p}} \cdot \frac{n-p-1}{1}$$

Student t-kriteriya:

$$t_{a_j} = \sqrt{F_{xj}}, (10)$$

Agar

$$F_{a_j} \leq F_{tab}(\alpha, 1, n-p-1) \quad \text{yoki} \quad |t_{a_j}| \leq t_{tab}(\alpha, n-p-1) \text{ tengsizlik}$$

o'rinni bo'lsa, u holda gipoteza tasdiqlanadi, yani a_j regressiya koeffitsiyentlari 0 ga teng bo'ladi va H_0 gipoteza tasdiqlanadi. Bu holatda x_j regresorlar va y orasidagi bog'lanish mavjud bo'lmaydi. Aks holda H_0 gipoteza tasdiqlanmaydi. Bu holatda x_j regresorlar va y orasidagi bog'lanish mavjud bo'ladi.

Muntazam xatoning mavjudligini yoki mavjud emasligini (eng kichik kvadratlar usulining bajarilishini) tekshirish qoldiqlar qatorini tahlil qilish asosida amalga oshiriladi.

Modelning haqqoniy deb hisoblanishi uchun qo'yiladigan talablar:

-qoldiqlar qatori darajalari tasodifiy xususiyatga ega;

-qoldiqlar qatori darajalarining matematik taxmini nolga teng;
-har bir og'ishining Ye dispersiyasi: x ning barcha qiymatlari uchun bir xil;

-qoldiqlar qatori darajalarining qiymatlari bir-biriga bog'lik emas (avtokorrelyatsiya mavjud emas);

-qoldiqlar qatorining darajalari normal qonun buyicha taqsimlangan.

Qoldiqlar qatori javob berishi lozim bulgan talablarga amal qilish usullari quyidagilardan iborat:

Qoldiqlar qatorining tasodifiylik xususiyatini tekshirish uchun takroriy nuqtalar mezonidan foydalanish mumkin.

Agar quyidagi shartlar bajarilsa, nuqta takroriy hisoblanadi:

$$\varepsilon_{i-1} < \varepsilon_i < \varepsilon_{i+1} \text{ yoki } \varepsilon_{i-1} > \varepsilon_i > \varepsilon_{i+1}.$$

So'ngra r takroriy nuqtalar soni sanab chiqiladi. Quyidagi tenglamaning bajarilishi 5% ahamiyatlilik darajasiga ega bo'lgan, ya'ni 95% ishonch ehtimoliga ega bo'lgan tasodifiylik mezon

$$\text{hisoblanadi: } p > \left[\frac{2}{3}(n-2) - 1,96 \sqrt{\frac{16n-29}{90}} \right]$$

Kvadrat qavslar qavslar ichiga olingan sonning butun qismi olinishini anglatadi.

Agar tengsizlik bajarilsa, u holda model haqqoniy hisoblanadi.

Ikkinchi talab. Qoldiq izchilligi matematik taxminining nolga tengligini tekshirish uchun qoldiqlar qatorining o'rtacha qiymati hisoblab chiqiladi:

$$\bar{\varepsilon} = \frac{\sum \varepsilon_i}{n}$$

Agar $\bar{\varepsilon} \approx 0$ bo'lsa, u holda model doimiy muntazam xatoga ega emas hisoblanadi va nolli o'rtacha mezonga mos keladi.

Agar $\bar{\varepsilon} \neq 0$ bo'lsa, u holda matematik taxminining nolga tengligi to'g'risidagi nolli faraz tekshiriladi. Bunin uchun Styudentning t mezoni quyidagi formula buyicha hisoblab chiqiladi:

$$t = \frac{|\bar{\varepsilon}| - 0}{S_0}$$

bu yerda, S_0 - model qoldiqlarining standart og'ishi (standart xato).

t mezon qiymatidagi jadaldagi qiymat bilan taqqoslanadi. Agar $t > t_{ad}$ tengsizlik bajarilsa, u holda model ushbu mezon bo'yicha haqqoniy emas deb baholanadi. Uchinchi talab.

Qoldiqlar qatori darajalarining dispersiyasi x_i ning barcha qiymatlari uchun bir kodli bo'lishi kerak (gomoskedastiklik xususiyati). Agar ushbu shartga amal qilinmasa, u holda gomoskedastiklik o'rin tutadi.

6.4.6. Intervalli baholash

a_j parametr uchun p ehtimollik bilan ishonchlilik oralig'i quyidagi formula bilan topiladi:

$$I_p = (a_j - t_{\text{tab}}(n-p-1) \cdot S_{a_j}; a_j + t_{\text{tab}}(n-p-1) \cdot S_{a_j}), (14)$$

bu yerda $S_{a_j} - a_j$ parametrning standart xatosi (j –diagonalli matrisaning kvadratik ildiz).

t –Styudent mezoni alohida regressorlar uchun jadvaldan $t_{\text{jad}}(0,05; n-p-1)$ dan topiladi, bunda $k=n-p-1$ ozod daraja deyiladi, n –kuzatishlar soni; p –omillar soni. Yu.Ye.Kuvayskovaning “Ekonometrika” kitobining Styudent mezoni 1-ilovasiga asosan $t_{\text{jad}}(0,05;16) = 2,12$ ga teng. Bizga

$F_{xj} = \left(\frac{a_j}{S_{a_j}} \right)^2$ ekanligi ma'lum. Budan quyidagi hosil bo'ladi:

$$S_{a_j} = \frac{\sqrt{F_{xj}}}{a_j}, (15)$$

6.4.7. O'rtacha elastiklik koeffitsiyentlari

Chiziqli ko'p omilli regressiyaning **o'rtacha elastiklik koeffitsiyentlari quyidagi formula bilan topiladi:**

$$\bar{E}_{yx_j} = a_j \cdot \frac{\bar{x}_j}{\bar{y}_j}, (16)$$

O'rtacha elastiklik koeffitsiyentlari x_j omilning o'rtacha qiymati 1% ga o'zgarganda y natijaviy omilning qiymati o'rtacha o'zgarishini bildiradi.

6.4.8. Prognoz sifatini aniqlash

Dastlabki ma'lumotlar namunasini prognozlash sifatini baholash uchun ikki qismga-o'qitish (model) va nazoratga bo'linadi. O'qitish namunasi modelni qurish uchun ishlatiladi va nazorat namunasi prognozning sifatini nazorat nuqtalari uchun farqlar asosida baholash imkonini beradi

Tanlanmani nazorat qilish uchun o'rtacha kvadratik xatosi quyidagi formula asosida aniqlanadi:

$$\sigma_{\Delta} = \sqrt{\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (y_i - \hat{y}_i)^2}, (17)$$

bunda k – nazorat uchun tanlangan elementlar soni; y_i – nazorat qilinadigan y ning qiymati; $\hat{y}_i$ – model bo'yicha hisoblangan qiymatlar.

6.4.9. O'rtacha aproksimatsiya xatosi

O'rtacha aproksimatsiya xatosi quyidagi formula bilan topiladi:

$$A = \left(\frac{1}{n} \sum \left| \frac{y - \hat{y}}{y} \right| \right) \cdot 100\%, (18)$$

Bu miqdor 8-10% dan kam bo'lgani uchun qurilgan model sifati yaxshi deb baholanadi.

6.1-masala. 6.3-jadval asosida quyidagilarni bajarish talab qilinadi:

6.1.Juft korrelyatsiya koeffitsiyentlarini topish.

6.2.Ko'p faktorli korrelyatsiyaning regressiya tenglamasini tuzish.

6.3. Xususiy chiziqli korrelyatsiya koeffitsiyentini va ko'p omilli korrelyatsiya koeffitsiyentlarni tahlil qiling. Ko'p omilli korrelyatsiya determinatsiya koeffitsiyentini topish.

6.4. Ko'p omilli regressiyaning sifat tahlili.

6.4.1. Regression dispersion tahlili.

6.4.2. Fisher mezoni (F–mezon).

6.4.3. F–xususiy mezon va t–Styudent mezonining qo'llanilishi.

6.4.4. Ko'p omilli korrelyatsiya koeffitsiyenti va determinatsiya koeffitsiyenti.

6.4.5. Intervalli baholash.

6.4.6. O'rtacha elastiklik koeffitsiyentlari.

6.4.7. Prognoz sifatini aniqlash.

6.3-jadval.

N	y	x_1	x_2	x_3
1	22569	20021	32	31
2	23091	20436	40	42
3	21645	24739	50	58
4	20007	17524	25	40
5	20131	24960	47	26
6	25094	10486	30	68
7	21016	20290	31	35
8	24172	33911	44	35
9	19651	18399	32	33
10	27329	22848	42	31
11	11239	18846	35	45
12	24612	27934	34	36
13	23229	18997	31	41
14	26809	27445	40	29
15	20993	30276	52	14
16	28255	24137	50	32
17	34656	30324	44	24
18	31912	30735	43	28
19	34561	34037	46	17
20	36319	33232	55	17

Bunda N- xo'jaliklar,

y - mahsulot sotishdan olingan foyda, ming so'm

x₁ -asosiy ishlab chiqarish fondlarining bahosi, so'm

x₂ -mehnat xarajatlari kishi/kunlar

x₃ -biriktirilgan maydon, ga

Masalaning yechilishi

6.1. Juft korrelyasiya koeffitsiyentlarini topish

Juft korrelyasiya koeffitsiyentlari quyidagi formula yordamida topiladi:

$$r_{x_1 x_2} = \frac{N \sum x_1 x_2 - \sum x_1 \sum x_2}{\sqrt{N \sum x_1^2 - (\sum x_1)^2} \sqrt{N \sum x_2^2 - (\sum x_2)^2}},$$

Excel elektron jadvalidagi «Korrelyasiya» paketidan foydalanib ushbu korrelyasiya koeffitsiyentlari topiladi:

6.4-jadval.

	y	x ₁	x ₂	x ₃
y	1	0,5972101	-0,118063	-0,448035
x ₁	0,5972101	1	-0,234224	-0,721231
x ₂	-0,118063	-0,234224	1	0,1939226
x ₃	-0,448035	-0,721231	0,1939226	1

Ko'rinib turibdiki, x₃ va x₁ omillar kollinear ekanligi $|r_{x_1 x_3}| = 0,72 > 0,7$ dan kelib chiqdi. Endi y va x₁, x₂ omillar o'rtasidagi chiziqli bog'lanish aniqlanadi.

6.2. Ko'p faktorli korrelyasiyaning regressiya tenglamasini tuzish

Bog'lanish turi y va x₁, x₂, x₃ omillar o'rtasidagi chiziqli bog'lanish ushbu ko'rinishda izlanadi: $\tilde{y} = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_3$. Eng kichik kvadratlar usulidan foydalanib a₀, a₁, a₂, a₃ koeffitsiyentlar quyidagi tengamalar sistemasidan topiladi:

$$\begin{cases} na_0 + a_1 \sum x_1 + a_2 \sum x_2 + a_3 \sum x_3 = \sum y \\ a_0 \sum x_1 + a_1 \sum x_1^2 + a_2 \sum x_1 x_2 + a_3 \sum x_1 x_3 = \sum x_1 y \\ a_0 \sum x_2 + a_1 \sum x_1 x_2 + a_2 \sum x_2^2 + a_3 \sum x_2 x_3 = \sum x_2 y \\ a_0 \sum x_3 + a_1 \sum x_1 x_3 + a_2 \sum x_2 x_3 + a_3 \sum x_3^2 = \sum x_3 y \end{cases}$$

(3) tenglamalar sistemasini Kramer usulidan yechimlarini topamiz. Buning uchun asosiy va yordamchi determinantlarni topamiz:

$$D = \begin{vmatrix} n & \sum x_1 & \sum x_2 & \sum x_3 \\ \sum x_1 & \sum x_1^2 & \sum x_1 x_2 & \sum x_1 x_3 \\ \sum x_2 & \sum x_1 x_2 & \sum x_2^2 & \sum x_2 x_3 \\ \sum x_3 & \sum x_1 x_3 & \sum x_2 x_3 & \sum x_3^2 \end{vmatrix}$$

$$Da_0 = \begin{vmatrix} \sum y & \sum x_1 & \sum x_2 & \sum x_3 \\ \sum x_1 y & \sum x_1^2 & \sum x_1 x_2 & \sum x_1 x_3 \\ \sum x_2 y & \sum x_1 x_2 & \sum x_2^2 & \sum x_2 x_3 \\ \sum x_3 y & \sum x_1 x_3 & \sum x_2 x_3 & \sum x_3^2 \end{vmatrix}$$

$$Da_1 = \begin{vmatrix} n & \sum y & \sum x_2 & \sum x_3 \\ \sum x_1 & \sum x_1 y & \sum x_1 x_2 & \sum x_1 x_3 \\ \sum x_2 & \sum x_2 y & \sum x_2^2 & \sum x_2 x_3 \\ \sum x_3 & \sum x_3 y & \sum x_2 x_3 & \sum x_3^2 \end{vmatrix}$$

$$Da_2 = \begin{vmatrix} n & \sum x_1 & \sum y & \sum x_3 \\ \sum x_1 & \sum x_1^2 & \sum x_1 y & \sum x_1 x_3 \\ \sum x_2 & \sum x_1 x_2 & \sum x_2 y & \sum x_2 x_3 \\ \sum x_3 & \sum x_1 x_3 & \sum x_2 y & \sum x_3^2 \end{vmatrix}$$

$$Da_3 = \begin{vmatrix} n & \sum x_1 & \sum x_2 & \sum y \\ \sum x_1 & \sum x_1^2 & \sum x_1 x_2 & \sum x_1 y \\ \sum x_2 & \sum x_1 x_2 & \sum x_2^2 & \sum x_2 y \\ \sum x_3 & \sum x_1 x_3 & \sum x_2 x_3 & \sum x_3 y \end{vmatrix}$$

Bundan tenglamaning ildizlari quyidagicha topiladi:

$$a_0 = \frac{D_{a_0}}{D}, \quad a_1 = \frac{D_{a_1}}{D}, \quad a_2 = \frac{D_{a_2}}{D}, \quad a_3 = \frac{D_{a_3}}{D}.$$

Chiziqli tenglamalar sistemasni tuzish uchun quyidagi 2.3-jalvaldan foydalanamiz.

6.5-jadval.

	y	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3
1	22569	20021	32	31	640672	620651	992
2	23091	20436	40	42	817440	858312	1680
3	21645	24739	50	58	1236950	1434862	2900
4	20007	17524	25	40	438100	700960	1000
5	20131	24960	47	26	1173120	648960	1222
6	25094	10486	30	68	314580	713048	2040
7	21016	20290	31	35	628990	710150	1085
8	24172	33911	44	35	1492084	1186885	1540
9	19651	18399	32	33	588768	607167	1056
10	27329	22848	42	31	959616	708288	1302
11	11239	18846	35	45	659610	848070	1575
12	24612	27934	34	36	949756	1005624	1224
13	23229	18997	31	41	588907	778877	1271
14	26809	27445	40	29	1097800	795905	1160
15	20993	30276	52	14	1574352	423864	728
16	28255	24137	50	32	1206850	772384	1600
17	34656	30324	44	24	1334256	727776	1056
18	31912	30735	43	28	1321605	860580	1204
19	34561	34037	46	17	1565702	578629	782
20	36319	33232	55	17	1827760	564944	935
summa	497290	489577	803	682	20416918	15545936	26352
srednee	248645	24478.85	40.15	34.1			

x_1y	x_2y	x_3y	x_1^2	x_2^2	x_3^2
451853949	722208	699639	400840441	1024	961
471887676	923640	969822	417630096	1600	1764
535475655	1082250	1255410	612018121	2500	3364
350602668	500175	800280	307090576	625	1600
502469760	946157	523406	623001600	2209	676
263135684	752820	1706392	109956196	900	4624
426414640	651496	735560	411684100	961	1225
819696692	1063568	846020	1149955921	1936	1225
361558749	628832	648483	338523201	1024	1089
624412992	1147818	847199	522031104	1764	961
211810194	393365	505755	355171716	1225	2025
687511608	836808	886032	780308356	1156	1296
441281313	720099	952389	360886009	961	1681
735773005	1072360	777461	753228025	1600	841
635584068	1091636	293902	916636176	2704	196
681990935	1412750	904160	582594769	2500	1024
1050908544	1524864	831744	919544976	1936	576
980815320	1372216	893536	944640225	1849	784
1176352757	1589806	587537	1158517369	2116	289
1206953008	1997545	617423	1104365824	3025	289
12616489217	20430413	16282150	12768624801	33615	26490

(3) tenglamalar sistemasiga 5.2-jalvaldagi qiymatlarni qo'yamiz:

$$\begin{cases} 20a_0 + 48577a_1 + 803a_2 + 682a_3 = 497290 \\ 489577a_0 + 12768624801a_1 + 20416918a_2 + 15545936a_3 = 12616489217, (10) \\ 803a_0 + 20416918a_1 + 33615a_2 + 26352a_3 = 20430413 \\ 682a_0 + 15545936a_1 + 26352a_2 + 26490a_3 = 16282150 \end{cases}$$

(9) chiziqli tenglamalar sistemasini Kramer usuli bilan yechish uchun determinantlar tuzamiz:

$$\begin{aligned} D_{a_0} &= \begin{vmatrix} 497290 & 489577 & 803 & 682 \\ 12616489217 & 12768624801 & 20416918 & 15545936 \\ 20430413 & 20416918 & 33615 & 26352 \\ 16282150 & 15545936 & 26352 & 26490 \end{vmatrix} \\ D_{a_1} &= \begin{vmatrix} 20 & 497290 & 803 & 682 \\ 489577 & 12616489217 & 20416918 & 15545936 \\ 803 & 20430413 & 33615 & 26352 \\ 682 & 16282150 & 26352 & 26490 \end{vmatrix} \\ D_{a_2} &= \begin{vmatrix} 20 & 489577 & 497290 & 682 \\ 489577 & 12768624801 & 12616489217 & 15545936 \\ 803 & 20416918 & 20430413 & 26352 \\ 682 & 15545936 & 16282150 & 26490 \end{vmatrix} \\ D_{a_3} &= \begin{vmatrix} 20 & 489577 & 803 & 497290 \\ 489577 & 12768624801 & 20416918 & 12616489217,00 \\ 803 & 20416918 & 33615 & 20430413 \\ 682 & 15545936 & 26352 & 16282150 \end{vmatrix} \end{aligned}$$

(9) formuladan foydalanib (10) tenglamalar sistemasini ildizlarini topamiz:

$$a_0 = \frac{D_{a_0}}{D} = \frac{176958521836875000000,00}{15404972120745400,00} = 11487,1; (11)$$

$$a_1 = \frac{D_{a_1}}{D} = \frac{7417217097641630,00}{15404972120745400,00} = 0,4814; (12)$$

$$a_2 = \frac{D_{a_2}}{D} = \frac{870241980788848000,00}{15404972120745400,00} = 26,49; (13)$$

$$a_3 = \frac{D_{a_3}}{D} = \frac{-305769877415868000,00}{15404972120745400,00} = -19,85; (14)$$

(11)-(14) formulalarda topilgan qiymatlarni (2) formulaga qo'yib ushbu regressiya tenglamasini hosil qilamiz:

$$\tilde{y} = 11487,1 + 0,4814x_1 + 26,49x_2 - 19,85x_3, (15)$$

Regressiya koeffitsiyentlaridan kelib chiqadigan bo'lsak, quyidagi formulalar yordamida standartlashtirilgan koeffitsiyentlarni hisoblaymiz:

$$\beta_1 = a_1 \cdot \frac{\sigma_{x_1}}{\sigma_y}$$

$$\sigma_{x_1} = 6262,36 \quad \sigma_{x_2} = 8,29 \quad \sigma_{x_3} = 12,7 \quad \sigma_y = 5927,9$$

$$\beta_1 = 0,51 \quad \beta_2 = 0,079 \quad \beta_3 = -0,04$$

σ ni aniqlash uchun Excelda STANDOTKLONPA(massiv) funktsiya orqali hisoblash amalga oshiriladi.

Tenglikni standart shaklda olamiz:

$$t_y = 0,51 \cdot t_{x_1} + 0,079 \cdot t_{x_2} - 0,04 \cdot t_{x_3}$$

Standartlashtirilgan regressiya koeffitsiyentlari bir-biri bilan taqqoslanadi olinadiganligi sababli, rentabellikka eng katta ta'sir X_1 -asosiy ishlab chiqarish fondlarining bahosi, so'm va X_2 -mehnat xarajatlari kishi/kunlar lardaligini ko'rsatadi, chunki ularning koeffitsiyentlarni absolyut qiymati taxminan bir xil va sezilarli darajada ko'p.

Quyidagi formuladan foydalanib elastiklik koeffitsiyentlarini hisoblaymiz:

$$\bar{E}_i = a_i \cdot \frac{\bar{y}}{\bar{y}_i}$$

Elastiklik koeffitsiyentlarini hisoblaymiz:

$$\bar{E}_1 = 0,47 \quad \bar{E}_2 = 0,09 \quad \bar{E}_3 = -0,02$$

Bundan ko'rinib turibdiki agar X_1 -asosiy ishlab chiqarish fondlarining bahosi 1% ga oshishi Y - mahsulot sotishdan olingan foydaning 0,47 % ga oshishiga olib keladi.

6.3. Xususiy chiziqli korrelyatsiya koeffitsiyentini va ko'p omilli korrelyatsiya koeffitsiyentlarni tahlil qiling. Ko'p omilli korrelyatsiya determinatsiya koeffitsiyentini topish

Excel elektron jadvalidagi «Korrelyatsiya» paketidan foydalanib ushbu korrelyatsiya koeffitsiyentlari topilgan edi:

6.6-jadval.

	Y	x_1	x_2	x_3
Y	1	0,5972101	-0,118063	-0,448035
x_1	0,5972101	1	-0,234224	-0,721231
x_2	-0,118063	-0,234224	1	0,1939226
x_3	-0,448035	-0,721231	0,1939226	1

Bu ma'lumotlardan determinant tuzamiz:

$$K = \begin{vmatrix} 1 & 0,59721 & -0,118063 & -0,448035 \\ 0,59721 & 1 & -0,234224 & -0,721231 \\ -0,118063 & -0,234224 & 1 & 0,1939226 \\ -0,448035 & -0,721231 & 0,1939226 & 1 \end{vmatrix} = 0,290824$$

$$K_{11} = \begin{vmatrix} 1 & -0,234224 & -0,721231 \\ -0,234224 & 1 & 0,1939226 \\ -0,721231 & 0,1939226 & 1 \end{vmatrix} = 0,452878$$

$$R = 0,59819$$

Bu yerda R formula orqali topildi:

$$R = \sqrt{1 - \frac{K}{K_{11}}}, (16)$$

Omillar orasidagi bog'lanish zichligi o'tracha tig'izlikda ekan.

6.4. Ko'p omilli regressiyaning sifat tahlili

6.4.1. Regression dispersion tahlili

Ko'p omilli regressiyaning dispersion tahlili

6.7-jadval.

Variatsiya y	Ozodlik darajasi	Kvadratlar yig'indisi	O'rtacha kvadrat	F
Omili	$\nu_{omil} = p$	$SS_{omil} = \sum (\bar{y} - \bar{y})^2$	$MS_{omil} = \frac{SS_{omil}}{\nu_{omil}}$	$F = \frac{MS_{omil}}{MS_{qoldiq}}$
Qoldiqli	$\nu_{qoldiq} = n - p - 1$	$SS_{qoldiq} = \sum (y - \bar{y})^2$	$MS_{qoldiq} = \frac{SS_{qoldiq}}{\nu_{qoldiq}}$	
Umumiy	$\nu_{umum} = n - 1$	$SS_{umum} = \sum (y - \bar{y})^2$		

Ko'p omilli regressiyaning dispersion tahlili

6.8-jadval.

Variatsiya y	Ozodlik darajasi	Kvadratlar yig'indisi	O'rtacha kvadrat	F
Omili	$\nu_{omil} = 4$	$SS_{omil} = 253120895,56$	$MS_{omil} = 84373632,19$	$F = 3,02$
Qoldiqli	$\nu_{qoldiq} = 16$	$SS_{qoldiq} = 4496844116,42$	$MS_{qoldiq} = 28105257,28$	
Umumiy	$\nu_{umum} = 19$	$SS_{umum} = 702805013$		

Dispersion tahlilning asosiy asosiy ayniyati quyidagicha bo'ladi:

$$SS_{umum} = SS_{omil} + SS_{qoldiq}$$

S standart xato yoki qoldiqli dispersiya S^2 tanlanayotgan modellarning adekvatligini baholash uchun qo'llaniladi.

6.4.2. Fisher mezoni (F -mezon)

Modelning zichligi va adekvatligini baholash uchun Fisher mezonidan foydalaniladi.

Quyidagi statistik gipoteza qo'yiladi:

$$H_0: a_1 = a_2 = a_3 = \dots = a_n = 0$$

Boshqacha qilib aytganda $x_1, x_2, \dots, x_n$ omillar y natijaviy ko'rsatkichga deyarli ta'sir qilmaydi.

F-mezon bo'yicha haqiqiy qiymat ushbu formula bilan hisoblanadi:

$$F = \frac{MS_{omus}}{MS_{goldiq}} = \frac{R^2}{1-R^2} \cdot \frac{n-p-1}{p}, (5)$$

$$F = \frac{MS_{omus}}{MS_{goldiq}} = \frac{R^2}{1-R^2} \cdot \frac{n-p-1}{p} = 3,02$$

bunda n – kuzatishlar soni; p – modelda qatnashayotgan omillar soni;

R^2 –determinasiya koeffitsiyenti.

Endi Fisherning kvantel taqsimot jadvalidan (Ilova 2) $F_{jad}(\alpha, k_1, k_2) = F_{jad}(0,05;3;16) = 3,24$ ning qiymati topildi. Bunda $k_1 = p = 3$ va $k_2 = 20 - 3 - 1 = 16$.

Agar $F_{haq} \leq F_{jad}$ o'rinli bo'lsa, u holda H_0 gipoteza qabul qilinadi. Aks holda regressiya tenglamasi muhim emas.

Modelning adekvatligini baholash uchun quyidagi qoidadan foydalaniladi:

$$F_{haq} > 4 \cdot F_{jad}, (6)$$

reregssiya tenglamasi adekvativ va uni prognoz qilish mumkin bo'ladi.

6.4.3. F-xususiy mezon va t-Styudent mezonining qo'llanilishi

F-xususiy mezon va t-Styudent mezon alohida regressorlar uchun qo'llaniladi. Bu esa modelning optimal tarkibini tuzish uchun imkoniyatini amalga oshiradi..

a_j parametrlarning muhimligini aniqlaydi va x_j omillarning natijaviy ko'rsatkichga bog'liq emaslik gipotezasini ilgari suramiz:

$$H_0: a_1 = a_2 = a_3 = \dots = a_p = 0$$

F-Fisher xususiy mezonning qimati topiladi:

$$F_{xj} = \frac{R^2_{yx_1x_2\dots x_n} - R^2_{yx_1x_2\dots x_{j-1}x_{j+1}\dots x_p}}{1 - R^2_{yx_1x_2\dots x_p}} \cdot \frac{n-p-1}{1}, (9)$$

$j=1$ da

$$F_{x1} = \frac{R^2_{yx_1x_2\dots x_n} - R^2_{yx_2\dots x_{j-1}x_{j+1}\dots x_p}}{1 - R^2_{yx_1x_2\dots x_p}} \cdot \frac{n-p-1}{1}$$

$j=2$ da

$$F_{x2} = \frac{R^2_{yx_1x_2\dots x_n} - R^2_{yx_1x_3\dots x_j\dots x_p}}{1 - R^2_{yx_1x_2\dots x_p}} \cdot \frac{n-p-1}{1}$$

$j=p$ da

$$F_{xp} = \frac{R^2_{yx_1x_2\dots x_n} - R^2_{yx_1x_2\dots x_{j-1}\dots x_{p-1}}}{1 - R^2_{yx_1x_2\dots x_p}} \cdot \frac{n-p-1}{1}$$

Bunda

$n=20; p=v=3;$

$$F_{x1} = \frac{R^2_{yx_1x_2x_3} - R^2_{yx_2x_3}}{1 - R^2_{yx_1x_2x_3}} \cdot \frac{20-3-1}{1} = \frac{0,6^2 - 0,5339^2}{1 - 0,6^2} \cdot 17 = 1,877;$$

$$F_{x2} = \frac{R^2_{yx_1x_2x_3} - R^2_{yx_1x_3}}{1 - R^2_{yx_1x_2x_3}} \cdot \frac{20-3-1}{1} = \frac{0,6^2 - 0,5977^2}{1 - 0,6^2} \cdot 17 = 0,07186;$$

$$F_{x3} = \frac{R^2_{yx_1x_2x_3} - R^2_{yx_1x_2}}{1 - R^2_{yx_1x_2x_3}} \cdot \frac{20-3-1}{1} = \frac{0,6^2 - 0,599^2}{1 - 0,6^2} \cdot 17 = 0,0216$$

Student t-kriteriya:

$$t_{a_j} = \sqrt{F_{xj}}, (10)$$

$$t_{a1} = \sqrt{F_{x1}} = \sqrt{1,8777} = 1,37;$$

$$t_{a2} = \sqrt{F_{x2}} = \sqrt{0,07186} = 0,2681;$$

$$t_{a3} = \sqrt{F_{x3}} = \sqrt{0,0216} = 0,147$$

Agar

$F_{a_j} \leq F_{tab}(\alpha, 1, n-p-1)$ yoki $|t_{a_j}| \leq t_{tab}(\alpha, n-p-1) = t_{tab}(0,05;16) = 2,12$ tengsizlik o'rinli bo'lsa, u holda gipoteza tasdiqlanadi, yani a_j regressiya koeffitsiyentlari 0 ga teng bo'ladi va H_0 gipoteza tasdiqlanadi. Bu holatda x_j regresorlar va y orasidagi bog'lanish mavjud bo'lmaydi. Aks holda H_0 gipoteza tasdiqlanmaydi. Bu holatda x_j regresorlar va y orasidagi bog'lanish mavjud bo'ladi.

6.4.4. Ko'p omilli korrelyatsiya koeffitsiyenti va determinasiya koeffitsiyenti

Ko'p omilli korrelyatsiya koeffitsiyenti $x_1, x_2, \dots, x_p$ omillar bilan natijaviy ko'rsatkich y orasidagi bog'liqlikning zichligini aniqlaydi.

Dispersion tahlildan foydalanilib ko'p omilli korrelyatsiya koeffitsiyenti quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$R = \sqrt{\frac{SS_{umum}}{SS_{omus}}} = \sqrt{1 - \frac{SS_{goldiq}}{SS_{omus}}}, (7)$$

Modelda $R(R^2)$ ning kamchiligi: $R(R^2)$ regressorlar sonining ko'pligi. Bu kamchilikni yo'qotish uchun kuzatishlar soni omillar sonidan 6-8 marta ko'p qilib tanlanishidir.

$R(R^2)$ ning o'rni tuzatilgan ushbu ko'p faktorli korrelyatsiya koeffitsiyentidan foydalaniladi:

$$R_{tuz} = \sqrt{1 - (1 - R^2) \cdot \frac{n-1}{n-p-1}}, (8) \text{ yoki } R_{tuz}^2.$$

$$R_{tuz} = 0,4872.$$

Omillar orasidagi bog'lanish zichligi o'rtacha.

6.4.5. Intervalli baholash

a_j parametr uchun p ehtimollik bilan ishonchlilik oralig'i quyidagi formula bilan topiladi:

$$I_p = (a_j - t_{\alpha/2}(n-p-1) \cdot S_{a_j}; a_j + t_{\alpha/2}(n-p-1) \cdot S_{a_j}), (11)$$

bu yerda S_{a_j} – a_j parametrning standart xatosi (j – diagonalli matrisaning kvadratik ildiz).

t – Student mezoni alohida regressorlar uchun jadvaldan $t_{jad}(0,05; n-p-1)$ dan topiladi, bunda $k=n-p-1$ ozod daraja deyiladi, n – kuzatishlar soni; p – omillar soni. Yu. Ye. Kuvayskovaning “Ekonometrika” kitobining Student mezoni 1-ilovasiga asosan $t_{jad}(0,05; 16) = 2,12$ ga teng.

Bizga $F_{\alpha j} = \left(\frac{a_j}{S_{a_j}} \right)^2$ ekanligi ma'lum. Budan quyidagi hosil bo'ladi:

$$S_{a_j} = \left| \frac{\sqrt{F_{\alpha j}}}{a_j} \right|, (12)$$

(12) formulaga ko'ra quyidagilarni aniqlaymiz:

$$S_{a1} = \left| \frac{\sqrt{F_{\alpha 1}}}{a_1} \right|, S_{a1} = \frac{\sqrt{1,88}}{0,148} = 1,97;$$

$$S_{a2} = \left| \frac{\sqrt{F_{\alpha 2}}}{a_2} \right|, S_{a2} = \frac{\sqrt{0,072}}{56,49} = 0,27;$$

$$S_{a3} = \left| \frac{\sqrt{F_{\alpha 3}}}{a_3} \right|, S_{a3} = \frac{\sqrt{0,0216}}{19,85} = 0,097.$$

Ishonchlilik oralig'i (11) formula bilan topiladi:

$$I_1 = (0,48 - 2,12 \cdot 1,97; 0,48 + 2,12 \cdot 1,97) = (-3,7; 4,7);$$

$$I_2 = (56,49 - 2,12 \cdot 0,27; 56,49 + 2,12 \cdot 0,27) = (55,9; 57,06);$$

$$I_3 = (-19,85 - 2,12 \cdot 0,097; -19,85 + 2,12 \cdot 0,097) = (-20,16; -19,53).$$

6.4.6. O'rtacha elastiklik koeffitsiyentlari

Chiziqli ko'p omilli regressiyaning **o'rtacha elastiklik koeffitsiyentlari quyidagi formula bilan topiladi:**

$$\bar{\epsilon}_{yx_j} = a_j \cdot \frac{\bar{x}_j}{\bar{y}}, (13)$$

O'rtacha elastiklik koeffitsiyentlari x_j omilning o'rtacha qiymati 1% ga o'zgarganda y natijaviy omilning qiymati o'rtacha o'zgarishini bildiradi.

Chiziqli ko'p omilli regressiyaning **o'rtacha elastiklik koeffitsiyentlari (13) formula bilan topiladi:**

$$\bar{\epsilon}_{yx_1} = a_1 \cdot \frac{\bar{x}_1}{\bar{y}}; \bar{\epsilon}_{yx_1} = 0,48 \cdot \frac{21487,8}{24864,5} = 0,47;$$

$$\bar{\epsilon}_{yx_2} = a_2 \cdot \frac{\bar{x}_2}{\bar{y}}; \bar{\epsilon}_{yx_2} = 56,49 \cdot \frac{40,5}{24864,5} = 0,09;$$

$$\bar{\epsilon}_{yx_3} = a_3 \cdot \frac{\bar{x}_3}{\bar{y}}; \bar{\epsilon}_{yx_3} = -19,85 \cdot \frac{34,1}{24864,5} = -0,027.$$

6.4.8. Prognoz sifatini aniqlash

Dastlabki ma'lumotlar namunasini prognozlash sifatini baholash uchun ikki qismga o'qitish (model) va nazoratga bo'linadi. O'qitish namunasi modelni qurish uchun ishlatiladi va nazorat namunasi prognozning sifatini nazorat nuqtalari uchun farqlar asosida baholash imkonini beradi

Tanlanmani nazorat qilish uchun o'rtacha kvadratik xatosi quyidagi formula asosida aniqlanadi:

$$\sigma_{\Delta} = \sqrt{\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (y_i - \tilde{y}_i)^2} = 0,0456, (14)$$

bunda k – nazorat uchun tanlangan elementlar soni; y_i – nazorat qilinadigan y ning qiymati; $\tilde{y}_i$ – model bo'yicha hisoblangan qiymatlar.

6.4.9. O'rtacha aproksimatsiya xatosi

O'rtacha aproksimatsiya xatosi quyidagi formula bilan topiladi:

$$A = \left(\frac{1}{n} \sum \left| \frac{y - \tilde{y}}{y} \right| \right) \cdot 100\%, (15)$$

Bu miqdor 8-10% dan kam bo'lgani uchun qurilgan model sifati yaxshi deb baholanadi.

O'rtacha aproksimatsiya xatosi (1) formula bilan topiladi:

$$A = \frac{3,455}{12} \cdot 100\% = 17\% ..$$

Bu miqdor 8-10% dan kam bo'lmagani uchun qurilgan model sifati yaxshi emas deb baholanadi.

Bajarish uchun topshiriqlar

6.2-masala. 6.9-jadval asosida quyidagilarni bajarish talab qilinadi:

6.9.1. Juft korrelyatsiya koeffitsiyentlarini topish.

6.9.2. Ko'p faktorli korrelyatsiyaning regressiya tenglamasini tuzish.

6.9.3. Xususiy chiziqli korrelyatsiya koeffitsiyentini va ko'p omilli korrelyatsiya koeffitsiyentlarni tahlil qiling. Ko'p omilli korrelyatsiya determinatsiya koeffitsiyentini topish.

6.9.4. Ko'p omilli regressiyaning sifat tahlili.

6.9.4.1. Regression dispersion tahlili.

6.9.4.2. Fisher mezon (F -mezon).

6.9.4.3. F -xususiy mezon va t -Styudent mezonining qo'llanilishi.

6.9.4.4. Ko'p omilli korrelyasiya koeffitsiyenti va determinasiya koeffitsiyenti.

6.9.4.5. Intervalli baholash.

6.9.4.6. O'rtacha elastiklik koeffitsiyentlari.

6.9.4.7. Prognoz sifatini aniqlash. 6.9-jadval

n	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
y	22570	23092	21646	20008	20132	25095	21017	24173	19652	27330
x1	20022	20437	24740	17525	24961	10487	20291	33912	18400	22849
x2	33	41	51	26	48	31	32	45	33	43
x3	32	43	59	41	27	69	36	36	34	32

Bunda N- xo'jaliklar,

y - mahsulot sotishdan olingan foyda, ming so'm

x_1 - asosiy ishlab chiqarish fondlarining bahosi, so'm

x_2 - mehnat xarajatlari kishi/kunlar

x_3 - biriktirilgan maydon, ga

6.3-masala. 6.10-jadval asosida quyidagilarni bajarish talab qilinadi:

6.10.1. Juft korrelyasiya koeffitsiyentlarini topish.

6.10.2. Ko'p faktorli korrelyasiyaning regressiya tenglamasini tuzish.

6.10.3. Xususiy chiziqli korrelyasiya koeffitsiyentini va ko'p omilli korrelyasiya koeffitsiyentlarni tahlil qiling. Ko'p omilli korrelyasiya determinasiya koeffitsiyentini topish.

6.10.4. Ko'p omilli regressiyaning sifat tahlili.

6.10.4.1. Regression dispersion tahlili.

6.10.4.2. Fisher mezon (F -mezon).

6.10.4.3. F -xususiy mezon va t -Styudent mezonining qo'llanilishi.

6.10.4.4. Ko'p omilli korrelyasiya koeffitsiyenti va determinasiya koeffitsiyenti.

6.10.4.5. Intervalli baholash.

6.10.4.6. O'rtacha elastiklik koeffitsiyentlari.

6.10.4.7. Prognoz sifatini aniqlash.

6.10-jadval

n	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
y	11240	24613	23230	26810	20994	28256	34657	31913	34562	36320
x1	18847	27935	18998	27446	30277	24138	30325	30736	34038	33233
x2	36	35	32	41	53	51	45	44	47	56
x3	46	37	42	30	15	33	25	29	18	18

Bunda N- xo'jaliklar,

y - mahsulot sotishdan olingan foyda, ming so'm

x_1 - asosiy ishlab chiqarish fondlarining bahosi, so'm

x_2 - mehnat xarajatlari kishi/kunlar

x_3 - biriktirilgan maydon, ga

Muhokama uchun savollar

1. Iqtisodiy jarayonlarning ko'p omilli xususiyatlari va o'zgarish qonuniyatlari nimalarda namoyon bo'ladi?
2. Ekonometrik model tuzish uchun omillarni tanlash uslubiyoti nimalardan iborat?
3. Qaysi model ko'p regressiya deb ataladi?
4. Ko'p omillik korrelyasiya qachon qo'llaniladi?
5. Ko'p omilli determinasiya koeffitsiyenti nimani ifodalaydi?
6. Ko'p omilli ekonometrik (regression) modelni xususiyatlari nimalardan iborat?
7. "Eng kichik kvadratlar" usuli yordamida ko'p omilli ekonometrik modelning koeffitsiyentlarini qanday hisoblanadi?
8. Ekonometrik model parametrlarini iqtisodiy tahlilini tushuntirib bering.
9. Elastiklik koeffitsiyentlarining iqtisodiy mohiyati nimalardan iborat va ular qanday hisoblanadi?
10. Ko'p omilli regressiya model uchun omillarni tanlash qanday amalga oshiriladi?
11. Multikollinearlik nima deyiladi?
12. Multikollinearlikni tekshirish qanday amalga oshiriladi?
13. Multiplikator tenglamasining koeffitsiyentlari qanday talqin qilinadi?
14. Parametrlarni baholash uchun qanday usul qo'llaniladi?
15. Fisher mezon qanday va nima uchun ishlatiladi?
16. Ko'p korrelyasiya koeffitsiyentlarini nima tavsiflaydi?
17. F -mezon va t -mezon qanday va nima uchun ishlatiladi?
18. Xususiy korrelyasiya koeffitsiyentlari nimani tavsiflaydi?
19. O'rtacha elastiklik koeffitsiyentlari nimani tavsiflaydi?
20. Prognoz sifati choralari qanday qo'llaniladi?
21. Nuqtali va oraliq prognazlashtirish?

REGRESSIYANING XUSUSIY TENGLAMASI



7.1. REGRESSIYANING XUSUSIY TENGLAMASINING YOZILISHI VA ELASTIKLIKNING XUSUSIY KOEFFITSIENTINI ANIQLASH

$y = a_0 + a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + \dots + a_p \cdot x_p + \varepsilon$ - ko'p omilli regressiya chiziqli tenglamasi asosida regressiyaning xususiy tenglamalarini quyidagicha yozish mumkin:

$$\begin{cases} y_{x_1, x_2, \dots, x_p} = f(x_1), \\ y_{x_2, x_1, x_3, \dots, x_p} = f(x_2), \\ \dots \\ y_{x_p, x_1, x_2, \dots, x_{p-1}} = f(x_p). \end{cases}, (7.1)$$

ya'ni ushbu tenglamalar sistemasi natijaviy belgini mos X omil belgi bilan, ko'p omilli regressiyada e'tiborga olinuvchi qolgan belgilarini o'rtacha qiymatida ushlab turgan holda bog'lanishini ifodalaydigan regressiya tenglamalaridan iborat.

Regressiyaning xususiy tenglamalari quyidagi ko'rinishga ega:

$$\begin{cases} y_{x_1, x_2, \dots, x_p} = a_0 + a_1 \cdot \bar{x}_1 + a_2 \cdot \bar{x}_2 + a_3 \cdot \bar{x}_3 + \dots + a_p \cdot \bar{x}_p + \varepsilon \\ y_{x_2, x_1, x_3, \dots, x_p} = a_0 + a_1 \cdot \bar{x}_1 + a_2 \cdot \bar{x}_2 + a_3 \cdot \bar{x}_3 + \dots + a_p \cdot \bar{x}_p + \varepsilon \\ \dots \\ y_{x_p, x_1, x_2, \dots, x_{p-1}} = a_0 + a_1 \cdot \bar{x}_1 + a_2 \cdot \bar{x}_2 + \dots + a_{p-1} \cdot \bar{x}_{p-1} + a_p \cdot \bar{x}_p + \varepsilon \end{cases}, (7.2)$$

Ushbu tenglamalarga mos omillarning o'rtacha qiymatlarini qo'yib chiqsak, ular juft chiziqli regressiya tenglamasining ko'rinishini olib quyidagicha ifodalanadi:

$$\begin{cases} \hat{y}_{x_1, x_2, \dots, x_p} = A_1 + a_1 \cdot x_1, \\ \hat{y}_{x_2, x_1, x_3, \dots, x_p} = A_2 + a_2 \cdot x_2, \\ \dots \\ \hat{y}_{x_p, x_1, x_2, \dots, x_{p-1}} = A_p + a_p \cdot x_p \end{cases}, (7.3)$$

bu yerda,

$$\begin{cases} A_1 = a_0 + a_2 \cdot \bar{x}_2 + a_3 \cdot \bar{x}_3 + \dots + a_p \cdot \bar{x}_p \\ A_2 = a_0 + a_1 \cdot \bar{x}_1 + a_3 \cdot \bar{x}_3 + \dots + a_p \cdot \bar{x}_p \\ \dots \\ A_p = a_0 + a_1 \cdot \bar{x}_1 + a_2 \cdot \bar{x}_2 + \dots + a_{p-1} \cdot \bar{x}_{p-1} \end{cases}$$

Juft regressiyadan regressiyaning xususiy tenglamasini farqi shundan iboratki, u omillarni natijaga alohida-alohida ta'sirini tavsiflaydi, chunki bir omilni ta'sirini o'rganilayotganda qolganlari o'zgarish holda ushlab turiladi. Qolgan omillarni ta'sir darajasi ko'p omilli regressiya tenglamasining ozod hadida hisobga olinadi. Bunday holat regressiyaning xususiy tenglamasi asosida elastiklikning xususiy koeffitsientini aniqlash imkonini beradi, u quyidagicha ifodalanadi:

$$\mathcal{E}_{y x_i} = b_i \cdot \frac{x_i}{y_{x_1, x_2, \dots, x_{i-1}, x_{i+1}, \dots, x_p}}, (7.4)$$

bu yerda: b_i - ko'p omilli regressiya tenglamasida x_i omil uchun regressiya koeffitsienti; $y_{x_1, x_2, \dots, x_{i-1}, x_{i+1}, \dots, x_p}$ - regressiyaning xususiy tenglamasi.

Berilgan ma'lumotlar asosida to'plam bo'yicha o'rtacha elastiklik ko'rsatkichini (7.3) dan foydalanib topish mumkin, ya'ni

$$\bar{\epsilon}_{y_{x_i}} = b_i \cdot \frac{\bar{x}_i}{\bar{y}_{x_i}}, \quad (7.5)$$

7.2. KO'P OMILLI KORRELYATSIYA

Ko'p omilli regressiya tenglamasining amaliy ahamiyati ko'p omilli korrelyatsiya koeffitsienti va uning kvadrati - determinatsiya koeffitsienti yordamida baholanadi.

Ko'p omilli korrelyatsiya koeffitsienti qaralayotgan omillar to'plamini o'rganilayotgan belgiga bog'lanish darajasini tavsiflaydi, ya'ni omillarni birgalikda natijaviy belgiga ta'sir kuchini tavsiflab beradi.

Ko'p omilli korrelyatsiya ko'rsatkichi o'zaro bog'lanish shakllaridan qat'iy nazar ko'p o'lchovli korrelyatsiya indeksi kabi aniqlanishi mumkin:

$$R_{y_{x_1, x_2, \dots, x_p}} = \sqrt{1 - \frac{\sigma_{qol}^2}{\sigma_y^2}}, \quad (7.6)$$

bu yerda: $\sigma_{qol}^2 - y = f(x_1, x_2, \dots, x_p)$ tenglama uchun

$$\text{qoldiq dispersiya, } \sigma_{qol}^2 = \frac{\sum (y - \hat{y}_{x_1, x_2, \dots, x_p})^2}{n}; \quad \sigma_y^2 = \frac{\sum (y - \bar{y})^2}{n} \sigma_y^2 -$$

natijaviy belgining umumiy dispersiyasi.

Ko'p omilli korrelyatsiya indeksini tuzish metodikasi juft bog'lanishnikiga o'xshash. Uning o'zgarish chegarasi ham 0 dan 1 gacha. U 1 ga qanchalik yaqin bo'lsa natijaviy belgining barcha omillar bilan bog'lanish darajasi shunchalik yuqori bo'ladi. Ko'p omilli korrelyatsiya indeksining qiymati juft omilli korrelyatsiyalar indekslarining maksimal qiymatidan katta yoki unga teng bo'lishi kerak, ya'ni,

$$R_{y_{x_1, x_2, \dots, x_p}} \geq R_{y_{x_i}} \quad (i = \overline{1, p}), \quad (7.7)$$

Bog'lanish chiziqli bo'lganda korrelyatsiya indeksi formulasini juft korrelyatsiya koeffitsienti orqali quyidagicha ifodalash mumkin:

$$R_{y_{x_1, x_2, \dots, x_p}} = \sqrt{\sum \beta_{x_i} \cdot r_{yx_i}}, \quad (7.8)$$

bu yerda: β_{x_i} - regressiyaning standartlashgan koeffitsienti;

r_{yx_i} - natijaning har bir omil bilan juft korrelyatsiya koeffitsienti.

Chiziqli regressiya uchun ko'p omilli korrelyatsiya indeksi formulasi *ko'p omilli korrelyatsiya chiziqli koeffitsienti* yoki *korrelyatsiya koeffitsienti to'plami* deb nomlanadi.

Chiziqli bog'lanish uchun ham ko'p omilli korrelyatsiya indeksi korrelyatsiya koeffitsienti to'plamiga teng bo'lishi mumkin. Firma uchun daromad modeli y quyidagi ko'rinishga ega bo'lsa:

$$y = a_0 + a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot \ln x_2 + a_3 \cdot \ln x_3 + a_4 \cdot \ln x_4 + \varepsilon, \quad (7.9)$$

bu yerda: x_1 - reklama uchun xarajatlar;

x_2 - firma kapitali;

x_3 - hudud bo'yicha sotilgan ma'lum bir guruh tovarlarni firmaning umumiy mahsulotlaridagi ulushi;

x_4 - firmaning avvalgi yilga nisbatan sotilgan mahsulotlari hajmining ko'payish foizi.

x_1, x_2, x_3, x_4 - omillar logarifmik shaklda berilgani bilan bog'lanish zichligini baholash chiziqli ko'p omilli korrelyatsiya koeffitsienti yordamida amalga oshirilishi mumkin.

Xuddi shunday natijani natijaviy belgining qoldiq va umumiy dispersiyalari nisbati bo'yicha aniqlangan ko'p omilli determinatsiya indeksi orqali ham olish mumkin.

7.3. XUSUSIY KORRELYATSIYA

Yuqorida ko'rib o'tilganidek, ko'p omilli chiziqli regressiyada qatnashuvchi omillarni ranjirlash regressiyaning standartlashtirilgan koeffitsientlari (β) orqali ham amalga oshirilishi mumkin. Bunga, chiziqli bog'lanishlar uchun, xususiy korrelyatsiya koeffitsientlari orqali ham erishish mumkin. O'rganilayotgan belgilar chiziqli bog'lanishlarda bo'lmagan holatlarda esa bu vazifani hususiy determinatsiya koeffitsientlari bajaradi. Bundan tashqari, hususiy korrelyatsiya koeffitsientlari omillarni saralash muammolarini yechishda qo'llaniladi, ya'ni u yoki bu omilni modelga kiritish masalasi xususiy korrelyatsiya koeffitsientlari orqali isbotlab beriladi.

Xususiy korrelyatsiya koeffitsienti (yoki indeksi) natija bilan regressiya tenglamasiga kiritilgan bitta omil orasidagi bog'lanishning zichligini, boshqa omillar ta'siri o'zgarmagan holda, tavsiflaydi.

Xususiy korrelyatsiya koeffitsientlari tahlil uchun modelga kiritilgan yangi omil hisobiga kamaygan qoldiq dispersiyani yangi omil kiritilmasdan oldingi qoldiq dispersiyaga bo'lgan nisbatiga teng.

$$S_{y_{x_i}}^2 = \frac{\sum (y_i - \hat{y}_{x_i})^2}{n}, \quad (7.10)$$

Qo'shimcha omil kiritilishiga qadar bo'lgan dispersiya - $S_{y_{x_i}}^2$ da bu kamayishning hissasi qancha ko'p bo'lsa, y bilan x_2 orasidagi

bog'lanish, x_1 omilining ta'siri o'zgaras bo'lganda, shuncha zich bo'ladi. Bu miqdorni kvadrat ildiz ostidan chiqarsak, bizga u ni x_2 bilan bog'lanish zichligini "toza" ko'rinishda ifodalovchi xususiy korrelyatsiya indeksini beradi.

Demak, x_2 omilni y natijaga ta'sirini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$r_{yx_2} = \sqrt{\frac{S_{y^2}^2 - S_{yx_2}^2}{S_{y^2}^2}}, (7.11)$$

x_1 omilning y natijaga xususiy ta'siri ham xuddi shu kabi aniqlaniladi:

$$r_{yx_1} = \sqrt{\frac{S_{y^2}^2 - S_{yx_1}^2}{S_{y^2}^2}}, (7.12)$$

Olingan natijalarni taqqoslab ko'rsak, mahsulot hajmiga ko'proq korxonaning texnik ta'minoti ta'sir etishini ko'rishimiz mumkin.

Agar qoldiq dispersiyani $S_{qol}^2 = \sigma_y^2(1-r)^2$ ko'rinishda determinatsiya koeffitsienti orqali ifodalasak, u holda xususiy korrelyatsiya koeffitsienti formulasi quyidagicha ko'rinishga ega bo'ladi:

$$r_{yx_2} = \sqrt{\frac{S_{y^2}^2 - S_{yx_2}^2}{S_{y^2}^2}} = \sqrt{1 - \frac{S_{yx_2}^2}{S_{y^2}^2}} = \sqrt{1 - \frac{1-R_{yx_2}^2}{1-R_{yx_2}^2}}, (7.13)$$

va mos ravishda x_2 uchun

$$r_{yx_1} = \sqrt{1 - \frac{1-R_{yx_1}^2}{1-R_{yx_1}^2}}, (7.14)$$

Yuqoridagi xususiy korrelyatsiya koeffitsientlari birinchi tartibli xususiy korrelyatsiya koeffitsientlari (indekslari) deb ataladi. Ular ikki o'zgaruvchining bog'lanish zichligini, omillardan biri o'zgaras bo'lgan holda, aniqlash imkonini beradi.

Agar p dona omillardan iborat bo'lgan regressiyani ko'radigan bo'lsak, u holda birinchi tartibli xususiy korrelyatsiya koeffitsientlaridan tashqari ikkinchi, uchinchi va h.k. $(r-1)$ - tartibli xususiy korrelyatsiya koeffitsientlarini aniqlash mumkin. Ya'ni, natijaviy belgiga x_1 omilning ta'sirini qolgan omillarni quyidagi turlicha bog'liq bo'lmagan holatlaridagi ta'sirini baholash mumkin:

$r_{yx_1 \cdot x_2}$ - x_2 omilni o'zgarangan holda ta'sirida;

$r_{yx_1 \cdot x_2 \cdot x_3}$ - x_2 va x_3 omillar o'zgarangan holda ta'sirida;

$r_{yx_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \dots x_p}$ - regressiya tenglamasiga kiritilgan barcha omillarni o'zgarangan holatdagi ta'sirida.

Umumiy ko'rinishda r omilli

$$y = a + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + \dots + b_p \cdot x_p + \varepsilon, (7.15)$$

tenglama uchun y ga x_i - omilni, boshqa omillar o'zgaragan holatda, ta'sir kuchini o'lchovchi xususiy korrelyatsiya koeffitsientini quyidagi formula bo'yicha aniqlash mumkin:

$$r_{yx_1 \cdot x_2 \dots x_{i-1} \cdot x_{i+1} \dots x_p} = \sqrt{1 - \frac{1-R_{yx_1 \cdot x_2 \dots x_{i-1} \cdot x_{i+1} \dots x_p}^2}{1-R_{yx_1 \cdot x_2 \dots x_{i-1} \cdot x_{i+1} \dots x_p}^2}}, (7.16)$$

bu yerda: $R_{yx_1 \cdot x_2 \dots x_p}^2$ - r omillar kompleksining natija bilan ko'p omilli determinatsiya koeffitsienti;

$R_{yx_1 \cdot x_2 \dots x_{i-1} \cdot x_{i+1} \dots x_p}$ - x_i omilni modelga kiritilmagan holatdagi determinatsiya koeffitsienti.

$i=1$ bo'lganda xususiy korrelyatsiya koeffitsienti quyidagi ko'rinishni oladi:

$$r_{yx_1 \cdot x_2 \dots x_p} = \sqrt{1 - \frac{1-R_{yx_1 \cdot x_2 \dots x_p}^2}{1-R_{yx_1 \cdot x_2 \dots x_p}^2}}, (17)$$

Ushbu xususiy korrelyatsiya koeffitsienti y va x_1 ni bog'lanish zichligini, regressiya tenglamasiga kiritilgan boshqa omillar o'zgaragan holda, o'lchash (aniqlash) imkoniyatini beradi.

Xususiy korrelyatsiya koeffitsientining tartibi natijaviy belgiga ta'siri o'zgaras holatda ushlab turiladigan omillar soni bilan aniqlaniladi. Masalan, $r_{yx_1 \cdot x_2}$ - birinchi tartibli xususiy korrelyatsiya koeffitsienti. Bundan kelib chiqqan holda juft korrelyatsiya koeffitsenti nolinch tartibli koeffitsient deyiladi.

Yuqoriroq tartibli xususiy korrelyatsiya koeffitsientlarini quyi tartibli xususiy korrelyatsiya koeffitsientlari orqali quyidagi rekkurent formula yordamida aniqlash mumkin:

$$r_{yx_1 \cdot x_2 \dots x_p} = \frac{r_{yx_1 \cdot x_2 \dots x_{p-1}} - r_{yx_p \cdot x_2 \dots x_{p-1}} \cdot r_{x_1 x_p \cdot x_2 \dots x_{p-1}}}{\sqrt{(1-r_{yx_p \cdot x_2 \dots x_{p-1}}^2) \cdot (1-r_{x_1 x_p \cdot x_2 \dots x_{p-1}}^2)}}, (18)$$

Ikki omillida va $i=1$ bo'lganda ushbu formula quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$r_{yx_1 \cdot x_2} = \frac{r_{yx_1} - r_{yx_2} \cdot r_{x_1 x_2}}{\sqrt{(1-r_{yx_2}^2) \cdot (1-r_{x_1 x_2}^2)}}, (19)$$

Mos ravishda $i=2$ va omil ikkita bo'lganda u ni x_2 omil bilan xususiy korrelyatsiya koeffitsientini quyidagi formula bilan aniqlash mumkin:

$$r_{yx_2 \cdot x_1} = \frac{r_{yx_2} - r_{yx_1} \cdot r_{x_1 x_2}}{\sqrt{(1-r_{yx_1}^2) \cdot (1-r_{x_1 x_2}^2)}}, (20)$$

Uch omilli regressiya tenglamasi uchun ikkinchi tartibli xususiy korrelyatsiya koeffitsienti birinchi tartibli xususiy korrelyatsiya koeffitsienti asosida aniqlaniladi.

$$y = a + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + \dots + b_p \cdot x_p + \varepsilon, (21)$$

tenglamada har biri aniq formula asosida aniqlanadigan uchta ikkinchi tartibli xususiy korrelyatsiya koeffitsientini aniqlash mumkin, ular:

$$r_{yx_1 \cdot x_2 \cdot x_3}; \quad r_{yx_2 \cdot x_1 \cdot x_3}; \quad r_{yx_3 \cdot x_1 \cdot x_2};$$

Masalan, $i=1$ bo'lganda $r_{yx_1 \cdot x_2 \cdot x_3}$ ni hisoblash uchun quyidagi formula qo'llaniladi:

$$r_{yx_1 \cdot x_2 \cdot x_3} = \frac{r_{yx_1 x_2} - r_{yx_1 x_2} \cdot r_{x_1 x_2 x_3}}{\sqrt{(1 - r_{yx_1 x_2}^2) \cdot (1 - r_{x_1 x_2 x_3}^2)}}, (22)$$

7.1-masala. Jadvalda O'zbekiston tijorat banklarining foydasi, inflyatsiya darajasi, bank tizimining riskka tortilgan aktivlari, tijorat banklari reguliyativ kapitali, bank kreditlarining yillik o'rtacha foiz stavkalari haqida 2009-2020 yillar 1- yanvar holatiga ma'lumotlar keltirilgan.

1-javdal

Bank foydasiga ta'sir etuvchi ko'rsatkichlar

(mlrd so'm va foizda, 1 yanvar xolatiga)

Yillar	n	y	x ₁	x ₂	x ₃
2009	1	207	7,4	456	123
2010	2	261	7,3	457	345
2011	3	309	7,6	546	453
2012	4	413	7	654	321
2013	5	571	6,8	461	345
2014	6	724	6,1	241	276
2015	7	915	5,6	312	176
2016	8	1153	5,7	176	185
2017	9	1844	14,4	342	167
2018	10	3197	14,3	456	234
2019	11	4675	15,2	164	275
2020	12	5642	11,1	234	365

Bu yerda:

y – bank foydasi (mlrd so'm)

x₁ – inflyatsiya (foizda)

x₂ – bank tizimi aktivlari, jami (mlrd so'm)

x₃ – bank tizimining riskka tortilgan aktivlari, jami (mlrd so'm)

Quyidagidar:

1) regressiya tenglamasi topilsin;

2) xususiy regressiya tenglamalari anmqlansin;

3) xususiy korrelyatsiya koeffitsientlari va korrelyatsiya koeffitsientlari aniqlansin.

Yechish.

1) regressiya tenglamasini topish

$y = a_0 + a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + a_3 \cdot x_3 + \varepsilon$ - ko'p omilli regressiya chiziqli tenglamasi asosida regressiyaning xususiy tenglamalarini quyidagicha yozish mumkin:

$$\begin{cases} y_{x_1 \cdot x_2 \cdot x_3} = a_0 + a_1 \cdot \bar{x}_1 + a_2 \cdot \bar{x}_2 + a_3 \cdot \bar{x}_3 + \varepsilon \\ y_{x_3 \cdot x_1 \cdot x_2} = a_0 + a_1 \cdot \bar{x}_1 + a_2 \cdot \bar{x}_2 + a_3 \cdot \bar{x}_3 + \varepsilon \\ y_{x_2 \cdot x_1 \cdot x_3} = a_0 + a_1 \cdot \bar{x}_1 + a_2 \cdot \bar{x}_2 + a_3 \cdot \bar{x}_3 + \varepsilon \end{cases}$$

a_0, a_1, a_2, a_3 koeffitsiyentlar quyidagi tengamalar sistemasidan topiladi:

$$\begin{cases} na_0 + a_1 \sum x_1 + a_2 \sum x_2 + a_3 \sum x_3 = \sum y \\ a_0 \sum x_1 + a_1 \sum x_1^2 + a_2 \sum x_1 x_2 + a_3 \sum x_1 x_3 = \sum x_1 y \\ a_0 \sum x_2 + a_1 \sum x_1 x_2 + a_2 \sum x_2^2 + a_3 \sum x_2 x_3 = \sum x_2 y \\ a_0 \sum x_3 + a_1 \sum x_1 x_3 + a_2 \sum x_2 x_3 + a_3 \sum x_3^2 = \sum x_3 y \end{cases}$$

(3) tenglamalar sistemasini Kramer usulidan yechimlarini topamiz. Buning uchun asosiy va yordamchi determinantlarni topamiz:

$$D = \begin{vmatrix} n & \sum x_1 & \sum x_2 & \sum x_3 \\ \sum x_1 & \sum x_1^2 & \sum x_1 x_2 & \sum x_1 x_3 \\ \sum x_2 & \sum x_1 x_2 & \sum x_2^2 & \sum x_2 x_3 \\ \sum x_3 & \sum x_1 x_3 & \sum x_2 x_3 & \sum x_3^2 \end{vmatrix}$$

$$Da_0 = \begin{vmatrix} \sum y & \sum x_1 & \sum x_2 & \sum x_3 \\ \sum x_1 y & \sum x_1^2 & \sum x_1 x_2 & \sum x_1 x_3 \\ \sum x_2 y & \sum x_1 x_2 & \sum x_2^2 & \sum x_2 x_3 \\ \sum x_3 y & \sum x_1 x_3 & \sum x_2 x_3 & \sum x_3^2 \end{vmatrix}$$

$$Da_1 = \begin{vmatrix} n & \sum y & \sum x_2 & \sum x_3 \\ \sum x_1 & \sum x_1 y & \sum x_1 x_2 & \sum x_1 x_3 \\ \sum x_2 & \sum x_2 y & \sum x_2^2 & \sum x_2 x_3 \\ \sum x_3 & \sum x_3 y & \sum x_2 x_3 & \sum x_3^2 \end{vmatrix}$$

$$Da_2 = \begin{vmatrix} n & \sum x_1 & \sum y & \sum x_3 \\ \sum x_1 & \sum x_1^2 & \sum x_1 y & \sum x_1 x_3 \\ \sum x_2 & \sum x_1 x_2 & \sum x_2 y & \sum x_2 x_3 \\ \sum x_3 & \sum x_1 x_3 & \sum x_3 y & \sum x_3^2 \end{vmatrix}$$

$$Da_3 = \begin{vmatrix} n & \sum x_1 & \sum x_2 & \sum y \\ \sum x_1 & \sum x_1^2 & \sum x_1 x_2 & \sum x_1 y \\ \sum x_2 & \sum x_1 x_2 & \sum x_2^2 & \sum x_2 y \\ \sum x_3 & \sum x_1 x_3 & \sum x_3 x_2 & \sum x_3 y \end{vmatrix}$$

Bundan tenglamaning ildizlari quyidagicha topiladi:

$$a_0 = \frac{D_{a_0}}{D}, \quad a_1 = \frac{D_{a_1}}{D}, \quad a_2 = \frac{D_{a_2}}{D}, \quad a_3 = \frac{D_{a_3}}{D}.$$

Chiziqli tenglamalar sistemasni tuzish uchun quyidagi 2.3-jalvaldan foydalanamiz.

Endi hisoblashlarni amalga oshiramiz.

n	y	x ₁	x ₂	x ₃	x ₁ x ₂	x ₁ x ₃	x ₂ x ₃
1	207	7,4	456	123	3374,4	910,2	56088
2	261	7,3	457	345	3336,1	2518,5	157665
3	309	7,6	546	453	4149,6	3442,8	247338
4	413	7	654	321	4578	2247	209934
5	571	6,8	461	345	3134,8	2346	159045
6	724	6,1	241	276	1470,1	1683,6	66516
7	915	5,6	312	176	1747,2	985,6	54912
8	1153	5,7	176	185	1003,2	1054,5	32560
9	1844	14,4	342	167	4924,8	2404,8	57114
10	3197	14,3	456	234	6520,8	3346,2	106704
11	4675	15,2	164	275	2492,8	4180	45100
12	5642	11,1	234	365	2597,4	4051,5	85410
Summa	19911	108,5	4499	3265	39329,2	29170,7	1278386
O'rtacha	1659,2	9,041667	374,91	272,08	3277,43	2430,89	106532

N	x ₁ y	x ₂ y	x ₃ y	x ₁ ²	x ₂ ²	x ₃ ²
1	1531,8	94392	25461	54,76	207936	15129
2	1905,3	119277	90045	53,29	208849	119025
3	2348,4	168714	139977	57,76	298116	205209
4	2891	270102	132573	49	427716	103041
5	3882,8	263231	196995	46,24	212521	119025
6	4416,4	174484	199824	37,21	58081	76176
7	5124	285480	161040	31,36	97344	30976
8	6572,1	202928	213305	32,49	30976	34225
9	26553,6	630648	307948	207,36	116964	27889
10	45717,1	1457832	748098	204,49	207936	54756
11	71060	766700	1285625	231,04	26896	75625
12	62626,2	1320228	2059330	123,21	54756	133225
Summa	234628,7	5754016	5560221	1128,21	1948091	994301
O'rtacha	19552,39167	479501,3333	463351,75	94,0175	162340,9167	82858,4167

N	x1-x1o'rt	x2-x2o'rt	x3-x3o'rt	(x1-x1o'rt)kv	(x2-x2o'rt)kv	(x3-x3o'rt)kv
1	-1,64167	81,08333	-149,083	2,695069444	6574,506944	22225,84028
2	-1,74167	82,08333	72,91667	3,033402778	6737,673611	5316,840278
3	-1,44167	171,0833	180,9167	2,078402778	29269,50694	32730,84028
4	-2,04167	279,0833	48,91667	4,168402778	77887,50694	2392,840278
5	-2,24167	86,08333	72,91667	5,025069444	7410,340278	5316,840278
6	-2,94167	-133,917	3,916667	8,653402778	17933,67361	15,3402778
7	-3,44167	-62,9167	-96,0833	11,84506944	3958,506944	9232,006944
8	-3,34167	-198,917	-87,0833	11,16673611	39567,84028	7583,506944
9	5,358333	-32,9167	-105,083	28,7173611	1083,506944	11042,50694
10	5,258333	81,08333	-38,0833	27,65006944	6574,506944	1450,340278
11	6,158333	-210,917	2,916667	37,92506944	44485,84028	8,506944444
12	2,058333	-140,917	92,91667	4,236736111	19857,50694	8633,506944
Summa	0	0	0	147,1891667	261340,9167	105948,9167
O'rtacha	0	0	0	12,26576389	21778,40972	8829,076389

N	y-yo'rt	(y-yo'rt)kv	ytul	y-ytul
1	-1452,25	2109030,06	-187,6251298	394,6251298
2	-1398,25	1955103,06	995,6739852	-734,6739852
3	-1350,25	1823175,06	1155,795804	-846,795804
4	-1246,25	1553139,06	-415,4371307	828,4371307
5	-1088,25	1184288,06	807,1413654	-236,1413654
6	-935,25	874692,56	1514,905964	-790,905964
7	-744,25	553908,06	374,4296622	540,5703378
8	-506,25	256289,06	1271,677082	-118,6770825
9	184,75	34132,56	3041,551963	-1197,551963
10	1537,75	2364675,06	2694,520119	502,4798808
11	3015,75	9094748,06	4965,856698	-290,8566978
12	3982,75	15862297,56	3692,509617	1949,490383
summa	0	37665478,25	19911,00	0,00
O'rtacha	0	3138789,854	1659,25	0

N	(y-ytul) kv	yurt-ytul	(yurt-ytul)kv
1	155728,9931	-1846,87513	3410947,745
2	539745,8645	-663,5760148	4403331274
3	717063,1336	-503,454196	2534661275
4	686308,0796	-2074,687131	4304326,69
5	55762,74446	-8521086346	726089,1251
6	625532,244	-144,344036	20835,20071
7	292216,2901	-1284,820338	1650763,3
8	14084,2499	-387,5729175	150212,7664
9	1434130,704	1382,301963	1910758,717
10	252486,0306	1035,270119	1071784,22
11	84597,61866	3306,606698	10933647,85
12	3800512,753	2033,259617	4134144,671
summa	8658168,71	0	29007309,54
O'rtacha	721514,0588	0	2417275,795

Normal tenglamalar sistemasini tuzamiz:

$$\begin{cases} 20a_0 + 48577a_1 + 803a_2 + 682a_3 = 497290 \\ 489577a_0 + 12768624801a_1 + 20416918a_2 + 15545936a_3 = 12616489217 \\ 803a_0 + 20416918a_1 + 33615a_2 + 26352a_3 = 20430413 \\ 682a_0 + 15545936a_1 + 26352a_2 + 26490a_3 = 16282150 \end{cases}$$

Tenglamalar sistemasining yechimi quyidagiga teng:

$$a_0 = -568,48; a_1 = 329,14; a_2 = -5,99; a_3 = 5,5.$$

Regressiya tenlamasi $\tilde{y} = 329,14x_1 - 5,99x_2 + 5,5x_3 - 568,48$ dan

iborat.

2) Xususiy regressiya tenglamalari aniqlash

Ma'lumkii, $\bar{x}_1 = 9,04; \bar{x}_2 = 374,9; \bar{x}_3 = 272,08$

Regressiyaning xususiy tenglamalarini quyidagicha yozish mumkin:

$$\begin{cases} y_{x_1 \cdot x_2 \cdot x_3} = -568,48 + 329,14 \cdot x_1 - 5,99 \cdot 374,9 + 5,5 \cdot 272,8 \\ y_{x_2 \cdot x_1 \cdot x_3} = -568,48 + 329,14 \cdot 9,04 - 5,99 \cdot x_2 + 5,5 \cdot 272,8 \\ y_{x_3 \cdot x_1 \cdot x_2} = -568,48 + 329,14 \cdot 9,04 - 5,99 \cdot 374,9 + 272,8 \cdot x_3 \end{cases}$$

Natijada quyidagi xususiy tenglamalar hosil bo'ldi:

$$\begin{cases} y_{x_1 \cdot x_2 \cdot x_3} = -568,48 + 329,14 \cdot x_1 - 5,99 \cdot 374,9 + 5,5 \cdot 272,8 \\ y_{x_2 \cdot x_1 \cdot x_3} = -568,48 + 329,14 \cdot 9,04 - 5,99 \cdot x_2 + 5,5 \cdot 272,8 \\ y_{x_3 \cdot x_1 \cdot x_2} = -568,48 + 329,14 \cdot 9,04 - 5,99 \cdot 374,9 + 5,5 \cdot x_3 \end{cases}$$

Hisoblashlarni amalga oshirsak, quyidagiga xususiy tenglamalarga ega bo'lamiz:

$$\begin{cases} y_{x_1 \cdot x_2 \cdot x_3} = 329,14 \cdot x_1 - 1316,69 \\ y_{x_2 \cdot x_1 \cdot x_3} = -5,99 \cdot x_2 + 39054 \\ y_{x_3 \cdot x_1 \cdot x_2} = 5,05 \cdot x_3 + 161,32 \end{cases}$$

3) Xususiy korrelyasiya koeffitsiyentlari va korrelyasiya koeffitsiyentlari aniqlad

Xususiy korrelyasiya koeffitsiyentlari quyidagi formuladan foydalanib topiladi:

$$r_{yx} = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \sqrt{n \sum y^2 - (\sum y)^2}}.$$

Xususiy korrelyasiya koeffitsiyentlari Excel elektron jadvalidan foydalanamiz va quyidagini hosil qilamiz:

	Столбец 1	Столбец 2	Столбец 3	Столбец 4
Столбец 1	1			
Столбец 2	0,733303	1		
Столбец 3	-0,54533	-0,21755	1	
Столбец 4	0,071469	-0,08872	0,326221	1

Столбец 1= y_1 , Столбец 2= x_1 , Столбец 3= x_2 , Столбец 4= x_3 belgilashlarni kiritib quyidagini hosil qilamiz:

	y	X ₁	X ₂	X ₃
y	1			
X ₁	0,733303	1		
X ₂	-0,54533	-0,21755	1	
X ₃	0,071469	-0,08872	0,326221	1

$$r_{yx_1} = r_{x_1y} = 0,73, r_{yx_2} = r_{x_2y} = -0,545, r_{yx_3} = r_{x_3y} = 0,071,$$

$$r_{x_1x_2} = r_{x_2x_1} = -0,2175, r_{x_1x_3} = r_{x_3x_1} = -0,0887, r_{x_2x_3} = r_{x_3x_2} = 0,3262.$$

Quyidagi matrisani hosil qilamiz:

$$K = \begin{pmatrix} 1 & 0,73 & -0,545 & 0,071 \\ 0,73 & 1 & -0,2175 & -0,0887 \\ -0,545 & -0,2175 & 1 & 0,3262 \\ 0,071 & -0,0887 & 0,3262 & 1 \end{pmatrix}$$

Bu matrisadan K_{11} minorni ajratamiz:

$$K_{11} = \begin{pmatrix} 1 & -0,2175 & -0,0887 \\ -0,2175 & 1 & 0,3262 \\ -0,0887 & 0,3262 & 1 \end{pmatrix}.$$

Hisoblashlar quyidagicha amalga oshiriladi:

$$K = \begin{vmatrix} 1 & 0,73 & -0,545 & 0,071 \\ 0,73 & 1 & -0,2175 & -0,0887 \\ -0,545 & -0,2175 & 1 & 0,3262 \\ 0,071 & -0,0887 & 0,3262 & 1 \end{vmatrix} = 0,195614;$$

$$K_{11} = \begin{vmatrix} 1 & -0,2175 & -0,0887 \\ -0,2175 & 1 & 0,3262 \\ -0,0887 & 0,3262 & 1 \end{vmatrix} = 0,850974;$$

Bundan R korrelyatsiya koeffitsiyentini aniqlaymiz:

$$R_{y\hat{x}_1x_2x_3} = \sqrt{1 - \frac{K}{K_{11}}} = \sqrt{1 - \frac{0,1956}{0,851}} = 0,8775$$

$$\text{yoki } \sigma_{qol}^2 = 94001389,74; \sigma_y^2 = 37665478,25$$

$$R_{y\hat{x}_1x_2x_3} = \sqrt{1 - \frac{\sigma_{qol}^2}{\sigma_y^2}} = \sqrt{1 - \frac{94001389,74}{37665478,25}} = 0,8775.$$

Xulosa qilib aytgana, xususiy va umumiy regrassiya tenglamalari va korrelyatsiya koeffitsiyentlarini aniqlashni ko'rib chiqdik.

Bajarish uchun topshiriqlar

7.2-masala. Jadvalda tijorat bankining foydasi, inflyatsiya darajasi, bank tizimining riskka tortilgan aktivlari, tijorat banklari reguliyativ kapitali, bank kreditlarining yillik o'rtacha foiz stavkalari haqida 2009-2020 yillar 1- yanvar holatiga ma'lumotlar keltirilgan.

1-javdal

Bank foydasiga ta'sir etuvchi ko'rsatkichlar

(mlrd so'm va foizda, 1 yanvar xolatiga)

Yillar	n	y	x ₁	x ₂	x ₃
2009	1	207	7,4	456	123
2010	2	261	7,3	457	345
2011	3	309	7,6	546	453
2012	4	413	7	654	321
2013	5	571	6,8	461	345
2014	6	724	6,1	241	276

bu yerda:

y – bank foydasi (mlrd so'm)

x₁ – inflyatsiya (foizda)

x₂ – bank tizimi aktivlari, jami (mlrd so'm)

x₃ – bank tizimining riskka tortilgan aktivlari, jami (mlrd so'm)

Quyidagidar:

1) regressiya tenlamasi topilsin;

2) xususiy regressiya tenglamalari anmqlansin;

3) xususiy korrelyatsiya koeffitsiyentlari va korrelyatsiya koeffitsiyentlari aniqlansin.

7.3-masala. Jadvalda tijorat bankining foydasi, inflyatsiya darajasi, bank tizimining riskka tortilgan aktivlari, tijorat banklari reguliyativ kapitali, bank kreditlarining yillik o'rtacha foiz stavkalari haqida 2009-2020 yillar 1- yanvar holatiga ma'lumotlar keltirilgan.

1-javdal

Bank foydasiga ta'sir etuvchi ko'rsatkichlar

(mlrd so'm va foizda, 1 yanvar xolatiga)

Yillar	n	y	x ₁	x ₂	x ₃
2014	1	915	5,6	312	915
2015	2	1153	5,7	176	1153
2016	3	1844	14,4	342	1844
2017	4	3197	14,3	456	3197
2018	5	4675	15,2	164	4675
2019	6	5642	11,1	234	5642

bu yerda:

y – bank foydasi (mlrd so'm)

x₁ – inflyatsiya (foizda)

x₂ – bank tizimi aktivlari, jami (mlrd. so'm)

x₃ – bank tizimining riskka tortilgan aktivlari, jami (mlrd so'm)

Quyidagidar:

1) regressiya tenlamasi topilsin;

2) xususiy regressiya tenglamalari anmqlansin;

3) xususiy korrelyatsiya koeffitsiyentlari va korrelyatsiya koeffitsiyentlari aniqlansin.

Muhokama uchun savollar

1. Korrelyatsion-regression tahlilning maqsadlari nimalardan iborat?
2. Korrelyatsion-regression tahlil necha bosqichdan iborat?
3. Kovariatsiya va korrelyatsiya koeffitsiyentlarining farqi nimadan iborat?
4. Korrelyatsion jadvalning mohiyatini tushuntirib bering.
5. X belgining o'rtacha kvadratik chetlashishi tushuntirib bering.
6. Xususiy regressiya tenglamasi qanday aniqlanadi?
7. Xususiy korrelyatsiya koeffitsiyentlarini qanday aniqlanadi?

EKONOMETRIK MODELLARNI BAHOLASH



8.1. EKONOMETRIK MODELLARNING IQTISODIY TAHLILIDA VERIFIKASIYA BOSQICHINING AHAMIYATI

Tahlil qilinayotgan qatorlar dinamikasi har doim anchagina uzunroq qatorlarning tanlamasi hisoblanadi. Shuning uchun korrelyatsion-regression tahlil asosida olingan ekonometrik modellarning ishonchligini har tomonlama tekshirish va baholash lozim. Ekonometrik modellashning muhimligini aniqlash – verifikasiya qilish.

Tuzilgan ekonometrik ahamiyatligi, ishonchligi va keyinchalik bashoratlashda qo'llash mumkinligi quyidagi mezonlar asosida baholanadi:

1. Ekonometrik modellarni ahamiyatini Fisher mezoni va approksimasiya xatoligi yordamida baholash.
2. Ekonometrik modellar sifatini ko'p omilli korrelyatsiya koeffitsiyenti va determinasiya koeffitsiyenti yordamida baholash.
3. Ekonometrik model parametrlarini Styudent mezoni yordamida baholash
4. Qatorlarda qoldiq avtokorrelyatsiyani Darbin-Uotson mezoni bo'yicha baholash.

Tahlil qilinayotgan qatorlar dinamikasi har doim anchagina uzunroq qatorlarning tanlamasi hisoblanadi. Shuning uchun korrelyatsion-regression tahlil asosida olingan ekonometrik modellarning ishonchligini har tomonlama tekshirish va baholash lozim.

8.2. EKONOMETRIK MODELLAR SIFATI VA AHAMIYATINI MEZONLAR BO'YICHA BAHOLASH

Ekonometrik modellarning sifati va ahamiyatini mezonlar o'rtacha aproksimatsiya xatosi, Fisherning mezoni, Styudentning t mezoni, Darbin – Uotson mezoni va boshqalar orqali tekshiriladi.

O'rtacha aproksimatsiya xatosi quyidagi formula bilan topiladi:

$$A = \left(\frac{1}{n} \sum \left| \frac{y - \hat{y}}{y} \right| \right) \cdot 100\%, (8.1)$$

n - kuzatuvlar soni;

y - asosiy omilni haqiqiy qiymatlari;

$\hat{y}$ - asosiy omilni tekislangan qiymatlari.

Approksimasiya xatoligi 10% gacha qabul qilinadi.

Fisherning z mezoni. Ingliz statistigi Fisher korrelyatsion va regression tahlillarning ishonchligini tekshirish uchun logarifmik funksiyadan foydalanish usulini ishlab chiqdi:

$$z = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+r}{1-r} \right). \quad (8.2)$$

z taqsimot kichik tanlamada normal taqsimotga yaqin bo'ladi. F.Mills $n=12$ va $\rho=0,8$ da (ρ -bosh to'plamda korrelyasiya koeffitsiyenti) r va z taqsimot grafigini o'tkazadi. z ning o'rtacha kvadratik xatosi quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$\sigma_z = \frac{1}{\sqrt{n-3}}. \quad (8.3)$$

Ushbu formulada σ_z o'rtacha kvadratik xato faqat taqsimot hajmiga, ya'ni z taqsimoti bog'lanish zichligiga bog'liq bo'lmaydi. r dan z ga o'tish tegishli jadvallar bo'yicha amalga oshiriladi hamda korrelyatsion va regression tahlil natijalari ishonchliligini tekshirish uncha qiyin bo'lmaydi.

Fisher mezoni yordamida to'liq modelni adekvatligini, ya'ni real iqtisodiy jarayonga mosligini tekshirish mumkin:

$$F_{xuc} = \frac{R^2(n-m-1)}{(1-R^2)m} \quad (8.4)$$

n - kuzatuvlar soni

m - modeldagi ta'sir etuvchi omillar soni

R - ko'p omilli korrelyasiya koeffitsiyenti.

Hisoblangan Fisher mezoni jadvaldagi qiymati bilan solishtiriladi.⁸ Jadvaldagi Fisher koeffitsiyentini topish uchun k_1 kator va k_2 ustunni aniqlash zarur $k_1=n-m-1$ va $k_2=m$. Agar :

$F_{xuc} > F_{\alpha, n-m-1, m}$ model ahamiyatli, ya'ni regressiya tenglamasi turi to'g'ri aniqlangan deb hisoblanadi.

Ko'p omilli bog'lanishda F -xususiy mezon va t -Student mezoni alohida regressorlar uchun qo'llaniladi. Bu esa modelning optimal tarkibini tuzish uchun imkoniyatini amalga oshiradi.

a_j parametrlarning muhimligini aniqlaydi va x_j omillarning natijaviy ko'rsatkichga bog'liq emaslik gipotezasini ilgari suramiz:

$$H_0 : a_1 = a_2 = a_3 = \dots = a_p = 0$$

F -Fisher xususiy mezonning qimati topiladi:

$$F_{xj} = \frac{R^2_{yx_1x_2\dots x_n} - R^2_{yx_1x_2\dots x_{j-1}x_{j+1}\dots x_p}}{1 - R^2_{yx_1x_2\dots x_p}} \cdot \frac{n-p-1}{1}, \quad (8.5)$$

$j=1$ da

$$F_{x1} = \frac{R^2_{yx_1x_2\dots x_n} - R^2_{yx_2\dots x_{j-1}x_{j+1}\dots x_p}}{1 - R^2_{yx_1x_2\dots x_p}} \cdot \frac{n-p-1}{1}$$

$j=2$ da

$$F_{x2} = \frac{R^2_{yx_1x_2\dots x_n} - R^2_{yx_1x_3\dots x_{j-1}x_{j+1}\dots x_p}}{1 - R^2_{yx_1x_2\dots x_p}} \cdot \frac{n-p-1}{1}$$

$j=p$ da

$$F_{xp} = \frac{R^2_{yx_1x_2\dots x_n} - R^2_{yx_1x_2\dots x_{j-1}x_{j+1}\dots x_{p-1}}}{1 - R^2_{yx_1x_2\dots x_p}} \cdot \frac{n-p-1}{1}$$

Student t -kriteriya:

$$t_{a_j} = \sqrt{F_{xj}}, \quad (8.6)$$

$$t_{a_1} = \sqrt{Fx_1}, t_{a_2} = \sqrt{Fx_2}, t_{a_3} = \sqrt{Fx_3}$$

Agar

$F_{a_j} \leq F_{\alpha, 1, n-p-1}$ yoki $|t_{a_j}| \leq t_{\alpha, n-p-1} = t_{\alpha, 0,05;16} = 2,12$ tengsizlik o'rinli bo'lsa, u holda gipoteza tasdiqlanadi, ya'ni a_j regressiya koeffitsiyentlari 0 ga teng bo'ladi va H_0 gipoteza tasdiqlanadi. Bu holatda x_j regressorlar va y orasidagi bog'lanish mavjud bo'lmaydi. Aks holda H_0 gipoteza tasdiqlanmaydi. Bu holatda x_j regressorlar va y orasidagi bog'lanish mavjud bo'ladi.

Mazkur mezon Student taxallusli ingliz matematigi Uilyam Gosset tomonidan ishlab chiqilgan.

Juft bog'lanishda t -Student mezoni alohida regressorlar uchun qo'llaniladi. Bu esa modelning optimal tarkibini tuzish uchun imkoniyatini amalga oshiradi.

a_j parametrlarning muhimligini aniqlaydi va x_j omillarning natijaviy ko'rsatkichga bog'liq emaslik gipotezasini ilgari suramiz:

$$H_0 : a_1 = 0 \text{ yoki } H_0 : a_0 = 0$$

a_0 va a_1 parametrlarni baholash uchun statistikada t -Student mezoni

quyidagicha hisoblanadi:

$$t_{a_1} = \frac{a_1}{S_{a_1}}, t_{a_0} = \frac{a_0}{S_{a_0}}, t_r = \frac{\sqrt{1-r^2}}{\sqrt{n-2}} \quad (8.7)$$

$$\text{Bu yerda } S_{a_1}^2 = S^2 \cdot \frac{1}{\sum (x - \bar{x})^2}, S_{a_0}^2 = S^2 \cdot \frac{\sum x}{n \cdot \sum (x - \bar{x})^2}, S^2 = \frac{\sum (y - \bar{y})^2}{n-2}.$$

t -Student mezoni bo'yichajadvaldan $t_{\alpha, n-1}$ (1-ilova) dan topiladi. Bunda $n-2$ -ozol darajalar soni, α -muhimlik darajasi.

Agar $|t_{a_1}| > t_{\alpha, n-2}$ bo'lsa, a_1 muhim, aks holda muhim emas.

Student t -kriteriya:

$$t_{a_j} = \sqrt{F_{xj}}, \quad (8.8)$$

$$t_{a_1} = \sqrt{Fx_1}, t_{a_2} = \sqrt{Fx_2}, t_{a_3} = \sqrt{Fx_3}$$

⁸Gujarati D.N. Basic Econometrics. McGraw-Hill, 4th edition, 2003(Gu),Inc.p. 66

Agar

$F_{\alpha_j} \leq F_{tab}(\alpha, 1, n-p-1)$ yoki $|t_{\alpha_j}| \leq t_{tab}(\alpha, n-p-1) = t_{tab}(0,05;16) = 2,12$ tengsizlik o'rinli bo'lsa, u holda gipoteza tasdiqlanadi, ya'ni a_j regressiya koeffitsiyentlari 0 ga teng bo'ladi va H_0 gipoteza tasdiqlanadi. Bu holatda x_j regresorlar va y orasidagi bog'lanish mavjud bo'lmaydi. Aks holda H_0 gipoteza tasdiqlanmaydi. Bu holatda x_j regresorlar va y orasidagi bog'lanish mavjud bo'ladi.

1. Qo'shimcha omil, masalan, vaqt omilini kiritish usuli.

Vaqt ko'rsatkichi qo'shimcha omil sifatida hamma vaqt chiziqli shaklda kiritiladi, ayni paytda boshlang'ich qator darajalari istalgan shakl ko'rsatkichlari bilan namoyon etilishi mumkin. Vaqt ko'rsatkichi ushbu holatda trend haqiqiy ma'lumotlarining og'ishlari bilan bir xil. Mazkur usul eng aniq natijalarni chiziqli bog'liqlik mavjud hollarda beradi.

2. Ketma-ket ayirmalar usuli. Vaqt qatorining dastlabki darajalari emas, balki ular o'rtasidagi quyidagi tarzda aniqlanadigan ayirmalar ketma-ketligi tahlil qilinadi: $\Delta y_1 = y_t - y_{t-1}$; $\Delta y_2 = y_{t-1} - y_{t-3}$; $\Delta y_3 = y_{t-3} - y_{t-4}$; ..., $\Delta y_k = y_{t-k} - y_{t-k-1}$ h.k.

Ushbu usuldan foydalanishda darajalar o'rtasidagi barcha ayirmalar faqat tasodifiy tarkibiy tebranish qismiga ega bo'ladi.

3. Avtoregression o'zgartirishlar usuli. Vaqt qatorining dastlabki darajalari emas, balki ularning tendensiyadan quyidagi tarzda aniqlanadigan og'ishlari tahlil qilinadi: $y_1 - \hat{y}_1$, $y_2 - \hat{y}_2$, $y_2 - \hat{y}_2$, ..., $y_k - \hat{y}_k$, ... va h.k.

Hodisaning vaqtga ko'ra rivojlanishini o'rganishda ba'zan turli mazmundagi, lekin bir-biri bilan bog'liq bo'lgan ikki va undan ortiq vaqt qatori darajalarining o'zgarishlaridagi o'zaro bog'liqlik darajasini baholash zarurati tug'iladi. Bog'langan vaqt qatorlari - bu natijali omilning bir yoki bir necha omilli belgilarga bog'liqligini ko'rsatuvchi vaqt qatorlari. Bog'langan vaqt qatorlari darajalarining o'rtasidagi bog'liqlikni o'rganish vazifasini hal etish imkonini korrelyatsiyalash uchta usuli beradi. Ushbu (darajalar bo'yicha korrelyatsiyalash) usuldan foydalanishda qatorlardan har birini (avtokorrelyatsiya koeffitsiyenti yordamida) ularda avtokorrelyatsiyaning mavjudligini tekshirish zarur.

Agar qator darajalari o'rtasida avtokorrelyatsiya mavjud bo'lsa, uni bartaraf etish lozim.

1. Dinamika qatori darajalarini korrelyatsiyalash. Faqat dinamik qatorlarning har birida avtokorrelyatsiya mavjud bo'lmagan taqdirda, ular o'rtasidagi bog'liqlikning jipsligini ko'rsatadi va quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi.

$$r_{yx} = \frac{\overline{XY} - \bar{X} \cdot \bar{Y}}{\sigma(X) \cdot \sigma(Y)},$$

bu yerda X - dinamika omilli qatorlarining darajalari; Y - dinamika natijali qatorlarining darajalari.

2. Haqiqiy darajalarning tenglashtirilgan darajalardan (trenddan) og'ishlarini korrelyatsiyalash. Usulning tavsifi shundan iboratki, darajalarning o'zlari emas, balki haqiqiy darajalarning trendni aks ettiruvchi tenglashtirilgan darajalardan og'ishlari, ya'ni qoldiq kattaliklar korrelyatsiyalanadi. Buning uchun dinamikaning har bir qatori o'ziga xos bo'lgan tahliliy formula bo'yicha tenglashtiriladi, so'ngra empirik darajalardan tenglashtirilgan darajalar hisoblab chiqariladi (ya'ni $d_x = X - \bar{X}$; $d_y = Y - \bar{Y}$ va hisoblab chiqilgan (d_x va d_y) og'ishlar o'rtasidagi bog'liqlikning jipsligi quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$r_{dxdy} = \frac{\sum d_x \cdot d_y}{\sqrt{\sum d_x^2 \cdot \sum d_y^2}}$$

3. Ketma-ket ayirmalarni korrelyatsiyalash. Avtokorrelyatsiyaning ta'sirini har bir darajadan undan oldingi darajani chiqarib tashlash yo'li bilan, ya'ni darajalar ayirmalarini topgan holda ($y_n - y_{n-1}$) yo'qotish mumkin, chunki darajalardan ularning ayirmalariga o'tishda umumiy tendensiyaning o'zgaruvchiga ta'siri istisno etiladi. Bunda darajalar to'g'ri chiziqli bo'yicha o'zgarganda dastlabki ayirmalarni, n- tartib parabola bo'yicha o'zgarganda esa n-ayirmaning korrelyatsiyalash mumkin. Ayirmalar koeffitsiyenti formulasi quyidagicha:

$$r_{\Delta x \Delta y} = \frac{\sum \Delta x \cdot \Delta y}{\sqrt{\sum \Delta x^2 \cdot \sum \Delta y^2}}.$$

Vaqtli qatorlarning keyingi va oldingi hadlari o'rtasidagi korrelyatsion bog'lanish hisoblanadi. Avtokorrelyatsiyaning mavjudligi qatorlar dinamikasi darajalarining o'zaro bolliqligidan, keyingi hadlarning oldingi hadlarga kuchli darajada bolliqligidan dalolat beradi. Chunki korrelyatsion tahlil usulini o'zaro bog'langan har bir qator darajasi statistik mustaqillikka ega bo'lgan, o'rganilayotgan qatorlar dinamikasida avtokorrelyatsiya mavjudligini aniqlash lozim bo'lgan hollardagina tadbiq yetish mumkin. Avtokorrelyatsiya mavjudligini tekshirish jarayoni quyidagicha amalga oshiriladi. r_a (hisob) qiymati hisoblanadi:

$$r_a(\text{hisob}) = \frac{\sum z_t^2 z_{t-1}}{\sum z_t^2} \quad (8.10)$$

bunda: z_t - qoldiq miqdor.

Agar hisoblab topilgan r_a (hisob) miqdor berilgan bir prosentli xatolar ehtimolligi va erkinlik daraja sonlari $N - p - 1$ bo'lganda tegishli r_a (jad) ($r_a(\text{jad}) < r_a(\text{hisob})$) qiymatidan katta bo'lsa, avtokorrelyatsiya bo'lmaydi. So'ngra ishonchlik intervallari aniqlanadi. U koeffitsiyentlar variatsiyasi yordamida quyidagi formula asosida aniqlanadi

$$v = \frac{\sum \left(\frac{y - \bar{y}}{\bar{y}} \right)^2}{n} \quad (8.11)$$

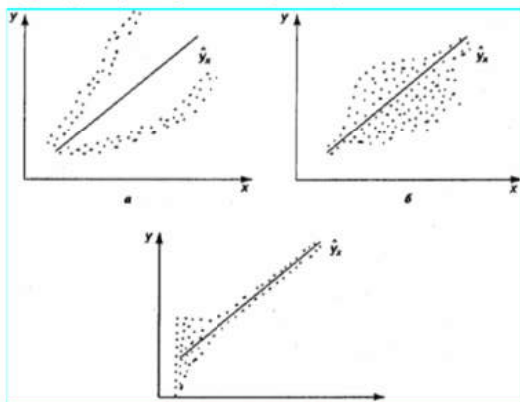
8.3. GOMOSKEDATLIK VA GETEROSKEDATLIKNI ANIQLASH UCHUN TESTLAR

“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, xuddi 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. Geteroskedatlik regressiya tenglamasining parametrlari samaradorligini pasayishiga ta'sir qilmoqda.



6.1.-rasm. Geteroskedatlik holatlari⁹

O'zaro bog'lanmagan ko'rsatkichlar dispersiyasining o'zgarmasligi ($\sigma^2 = const$) gomoskedatlik deyiladi.

Kuzatishlarga bog'lik bo'lmagan holda dispersiya xatosining o'zgarmas bo'lishi gomoskedatlik deyiladi.

Har bir variatsiya xatosi matematik kutilish atrofida bo'lib x_k erkli o'zgaruvchiga bog'liq bo'lmazligi gomoskedatlikni bildiradi:

$$\sigma_{x_k}^2 \neq f(x_{k1}, x_{k2}, \dots, x_{kn}).$$

Amaliyotda gomoskedatlikni buzilishi ko'p uchraydi.

Dispersiyaning klassik holatining buzilishi geteroskedatlik deyiladi.

Geteroskedatlik- dispersiya xatosining o'zgarmasligining buzilishidir.

Ilmiy masalalarni hal etishda geteroskedatlikning turli shakllarini uchratish mumkin va uning paydo bo'lishini aniqlash usullari va testlari mavjud. Geteroskedatlikni 100 % aniqlash usullari va testlari mavjud emas. Adabiyotlarda geteroskedatlikni aniqlaydiga ushbu usul va testlar mavjud: muamoning mazmunini o'rganish testi, Gleyster testi, Park testi, Bryusher-Pyugon, Uayt testi, μ -mezoni, Parametrl va parametrsiz Gollfed-Kvondt testlari va h.k.

1. μ -mezoni

Ma'lumotlar ko'p miqdorda bo'lganda μ -mezoni geteroskedatlikni o'rganadi. μ -mezoni geteroskedatlikni quyidagi bosqichlar yordamida aniqlaydi.

1) Kuzatishlar soni p ($p=1,2,\dots,k$, k - har bir guruhdagi kuzatishlar soni) ga guruhga ajratiladi.

2) har bir guruh uchun o'rtacha kvadratik chetlashishning yig'indisi topiladi:

$$S_R = \sum (y - \bar{y})^2, \text{ bunda } \bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^k y_i}{k}, i=1,2,3,\dots,k \text{ topiladi.}$$

3) barcha guruhlarining o'rtacha kvadratik chetlashishlarning yig'indilari qo'shiladi: $S = \sum S_R$

$$4) w \text{ parametr quyidagi formula bilan topiladi: } w = \frac{\prod \left(\frac{S_R}{n_R} \right)^{n_R/2}}{\left(\frac{S}{n} \right)^{n/2}},$$

$$\mu = -2 \ln w.$$

5) Agar $\mu < \chi^2 \text{ o'zgaruvchisi } p(\alpha, k-1)$ bajarilsa, geteroskedatlik mavjud bo'lmaydi. $\chi^2 \text{ o'zgaruvchisi } p(\alpha, k-1)$ jadvaldan yoki Excel elektron jadvali yordamida topiladi.

8.1-masala. Quyidagi 8.5-jadval ma'lumotlar berilgan.

8.6-jadval

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
y	1.53	1.1	-0.98	0.2	-1.11	1.31	0.2	1.06	-0.09	0.51	-0.66	1.41
n	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
y	-0.79	0.42	-0.24	1.41	1.89	0.36	1.18	2.18	1.44	1.55	0.09	1.9
n	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
y	1.43	2.39	-0.3	1.42	1	0.91	-1.76	1.12	0.03	0.55	-0.76	

Quyidagilarni

- 1) regressiya tenglamasini aniqlang;
- 2) korrelyatsiya koeffitsiyentini toping;
- 3) geteroskedatlikni aniqlang.

⁹Gujarati D.N. Basic Econometrics. McGraw-Hill, 4th edition, 2003 (Gu), Inc. p. 392

Hisoblashlarini bajaramiz: Amallar Excel elektron jadvali yoki qo'lda bajariladi.

1) Kuzatishlar soni 5 ($p=1,2,\dots,7$, 7- har bir guruhdagi kuzatishlar soni) ga guruhga ajratiladi:

8.7-jadval

n	guruh1	guruh2	guruh3	guruh4	guruh5
1	1,53	1,06	-0,24	1,55	1
2	1,1	-0,09	1,41	0,09	0,91
3	-0,98	0,51	1,89	1,9	-1,76
4	0,2	-0,66	0,36	1,43	1,12
5	-1,11	1,41	1,18	2,39	0,03
6	1,31	-0,79	2,18	-0,3	0,55
7	0,2	0,42	1,44	1,42	-0,76

2) Har bir guruh uchun o'rtacha kvadratik chetlashishning yig'indisi topiladi.

Buning uchun dastlab o'rtacha qiymat topiladi:

8.8-jadval

	guruh1	guruh2	guruh3	guruh4	guruh5
1	1,53	1,06	-0,24	1,55	1
2	1,1	-0,09	1,41	0,09	0,91
3	-0,98	0,51	1,89	1,9	-1,76
4	0,2	-0,66	0,36	1,43	1,12
5	-1,11	1,41	1,18	2,39	0,03
6	1,31	-0,79	2,18	-0,3	0,55
7	0,2	0,42	1,44	1,42	-0,76
o'rtacha	0,321428571	0,265714	1,174286	1,211429	0,155714

1-guruhdagi 1-elementidan 1-guruhning o'rtacha qiymati ayrilib kvadratga ko'tariladi va h.k.

2-guruhdagi 1-elementidan 2-guruhning o'rtacha qiymati ayrilib kvadratga ko'tariladi va h.k.

3-guruhdagi 1-elementidan 3-guruhning o'rtacha qiymati ayrilib kvadratga ko'tariladi va h.k.

4-guruhdagi 1-elementidan 4-guruhning o'rtacha qiymati ayrilib kvadratga ko'tariladi va h.k.

Hisoblash natijalari

8.9-jadval

	guruh1	guruh2	guruh3	guruh4	guruh5
1	1,460644898	0,63089	2,000204	0,114631	0,712818
2	0,606173469	0,126533	0,055561	1,257602	0,568947
3	1,693716327	0,059676	0,512247	0,474131	3,669961
4	0,014744898	0,856947	0,663061	0,047773	0,929847
5	2,048987755	1,30939	3,27E-05	1,389031	0,015804
6	0,977273469	1,114533	1,011461	2,284416	0,155461
7	0,014744898	0,023804	0,070604	0,043502	0,838533

Endi har bir guruh uchun o'rtacha kvadratik chetlashishning yig'indisi topiladi:

8.10-jadval

	guruh1	guruh2	guruh3	guruh4	guruh5
1	1,460644898	0,63089	2,000204	0,114631	0,712818
2	0,606173469	0,126533	0,055561	1,257602	0,568947
3	1,693716327	0,059676	0,512247	0,474131	3,669961
4	0,014744898	0,856947	0,663061	0,047773	0,929847
5	2,048987755	1,30939	3,27E-05	1,389031	0,015804
6	0,977273469	1,114533	1,011461	2,284416	0,155461
7	0,014744898	0,023804	0,070604	0,043502	0,838533
summa	6,816285714	4,121771	4,313171	5,611086	6,891371

3) Barcha guruhlarning o'rtacha kvadratik chetlashishlarning yig'indilari qo'shiladi:

$$S = \sum S_R = 6,8162 + 4,1218 + 4,3132 + 5,6111 + 6,892 = 27,7543$$

$$4) w \text{ parametr quyidagi formula bilan topiladi: } w = \frac{\prod \left(\frac{S_R}{n_R} \right)^{\frac{1}{2}}}{\left(\frac{S}{n} \right)^{\frac{1}{2}}},$$

$$\mu = -2 \ln w .$$

$$w = \frac{6,82^{3,5} \cdot 4,12^{3,5} \cdot 4,31^{3,5} \cdot 5,61^{3,5} \cdot 6,89^{3,5}}{\left(\frac{27,754}{35} \right)^{\frac{35}{2}}} = 0,663127 ;$$

$$\mu = -2 \ln(0,663127) = 0,821577 .$$

5) Agar $\mu < \chi^2_{\text{obp}}(\alpha, k-1)$ bajarilsa, geteroskedatlik mavjud bo'lmaydi.

Excel elektron jadvali yordamida $\chi^2_{\text{obr}}(\alpha; n-1) = \chi^2_{\text{obr}}(0,05; 5-1) = \chi^2_{\text{obr}}(0,05; 4) = 9,4877$ ekanligi aniqlandi. Demak, $\mu < \chi^2_{\text{obp}}(\alpha, k-1)$ yoki $\mu = 0,82157 < \chi^2_{\text{obp}}(\alpha, k-1) = 9,4877$ bajarildi. Geteroskedatlik yo'q.

8.2-masala. Dastlabki ma'lumotlar sifatida Samarqand viloyatining dehqon fermer xo'jaliklari o'n olti yil bo'yicha go'sht ishlab chiqarish ma'lumotlari quyidagi jadvalda berilgan.

**Samarqand viloyatining dehqon fermer xo'jaliklari
o'n ikki yil bo'yicha go'sht ishlab chiqarish¹⁰**

8.11-jadval

№	yillar	y	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄
1	2006	104561	7654	34	4560	19600
2	2007	112465	7865	45	5678	19760
3	2008	112378	7975	43	6900	18757
4	2009	13456	7868	45	7680	20340
5	2010	146545	8767	45	8000	20045
6	2011	151380	12164	45	8000	20078
7	2012	156658	14578	45	8000	20087
8	2013	164037	15668	50	8500	25076
9	2014	171610	21128	50	8500	25090
10	2015	179835	22879	50	9000	25230
11	2016	189106	22465	55	9000	30234
12	2017	185725	26928	60	9500	30564
13	2018	178883	35838	65	9500	35450
14	2019	195799	43122	75	11000	35000
15	2020	213456	57423	78	12300	43900
16	2021	257654	61374	81	14600	51500

bunda,

y- go'sht ishlab chiqarish, tonna;

x₁ - go'sht narxi, tonna ming so'm;

x₂ - veterinariya xizmatlari, mln. so'm;

x₃ - ish haqi, ming so'm;

x₄ - oziqa birligi uchun qilingan xarajatlar, tonna ming so'mda.

Quyidagilarni

1) regressiya tenglamasini aniqlang va korrelyasiya

koeffitsiyentini toping;

3) geteroskedatlikni aniqlang.

Masalaning yechilishi

1) Regressiya tenglamasini aniqlash

y- ga ta'sir etuvchi omillar sifatida 4 xil asosiy ko'rsatkichlarini olamiz, u holda regressiya tenglamasi quyidagicha bo'ladi:

$$\tilde{y} = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4,$$

a₀, a₁, a₃, a₄ - hozircha noma'lum bo'lgan regressiya koeffitsiyentlari.

Microsoft Excel elektron jadvali yordamida regressiya tenglamasini va korrelyasiya koeffitsiyentini aniqlaymiz: a₀=129678,4; a₁=3,17; a₂=-2124,5; a₃=9,5; a₄=-0,52.

Topilgan qiymatlarni (2) formulaga qo'yib, regressiya tenglamasini tuzamiz:

$$\tilde{y} = 129678,4 + 3,17x_1 - 2124,5x_2 + 9,5x_3 - 0,52x_4$$

Korrelyasiya koeffitsienti R=0,8 ga teng ekan. Ushbu natijaga ko'ra R>0,7 bo'lganligi sababli omillar o'rtasidagi bog'lanish yetarlicha kuchli ekanligini bildiradi.

2) Geteroskedatlik aniqlash

Parametrlı Goldfeld-Kvondt testi

Parametrlı Goldfeld-Kvondt testi geteroskedatlikni kuzatishlar soni ko'p bo'lgan holda o'rganadi.

1) jadval elementlari, ya'ni berilgan ma'lumotlar to'liq olinadi.

2) x_i (i=1,2,...,n) dan C=4 qator olib tashlanadi va jadval ikkiga ajratiladi: k; n-2k; k

8.12-jadval

n	y	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄
1	104561	7654	34	4560	19600
2	112465	7865	45	5678	19760
3	112378	7975	43	6900	18757
4	13456	7868	45	7680	20340
5	146545	8767	45	8000	20045
6	151380	12164	45	8000	20078
11	189106	22465	55	9000	30234
12	185725	26928	60	9500	30564
13	178883	35838	65	9500	35450
14	195799	43122	75	11000	35000
15	213456	57423	78	12300	43900
16	257654	61374	81	14600	51500

3) Quyidagi jadvaldan

8.13-jadval

n	y	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄
1	104561	7654	34	4560	19600
2	112465	7865	45	5678	19760
3	112378	7975	43	6900	18757
4	13456	7868	45	7680	20340
5	146545	8767	45	8000	20045
6	151380	12164	45	8000	20078

$$S_1 = \sum (y_i - \tilde{y}_i)^2 \text{ qoldiqli kvadrat chetlashish topildi.}$$

$$\text{Demak, } S_1 = \sum (y_i - \tilde{y}_i)^2 = 6064809611 \text{ ga teng.}$$

¹⁰ Samarqand viloyati statistika boshqarmasi ma'lumotlari (Ministry of Finance of the Republic of Uzbekistan. 2021 year end MACROECONOMIC INDICATORS REVIEW. Data of the statistical Directorate of the Samarkand region)

4) Ushbu jadvaldan

8.14-jadval

n	y	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄
1	189106	22465	55	9000	30234
2	185725	26928	60	9500	30564
3	178883	35838	65	9500	35450
4	195799	43122	75	11000	35000
5	213456	57423	78	12300	43900
6	257654	61374	81	14600	51500

$S_2 = \sum (y_2 - \tilde{y}_2)^2$ qoldiqli kvadrat chetlashish topildi.

Demak, $S_2 = \sum (y_2 - \tilde{y}_2)^2 = 16944240$ ga teng.

5) $F^* = \frac{S_1}{S_2}$ hisoblanadi. Demak, $F^* = \frac{S_1}{S_2} = 357,92$.

Demak, $F^* = 357,92 > F_{jad}(0,05;6;6-4-1) = F_{jad}(0,05;6;1) = 230,2$ ekanligidan geteroskedatlik mavjud emas. Excel'da $=F.OBP.IIX(0,05;5;1=230,1619$ bo'ldi. Fisher mezonini 3-lovadan $F_{jad}(0,05;6;1) = 230,2$ ekanligi topildi. $F^* = 357,92 > F_{jad}(0,05;6;1) = 230,2$ ekanligidan geteroskedatlik mavjud emasligi ma'lum bo'ldi.

8.4. EKONOMETRIK MODELLARDAGI PARAMETRLARNI IQTISODIY JIHATDAN BAHOLASH MEZONLARI

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 yemas. Masalan, paxta xom ashyosini 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 xarakat tartibi va boshqa omillarni ham e'tiborga olish zarur.

Shunday qilib, «asosiy» omillar miqdori cheksiz o'zgarishi mumkin. Bunday masalarni 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'rni yashirin xatoga ega o'lchamlar kiritiladi (ular ob'ktiv, subyektiv xarakterga ega bo'lishlari, o'lcham hisoblarining noaniqligi, noaniq hujjat aylanishi, alohida o'lchamlarini subyektiv baxosi va boshqalar). Barcha yuqorida sanab o'tilgan kamchiliklar o'lchash xatolarini tenglama xatolariga o'tishiga olib keladi, ya'ni:

$$Y = a_0 + a_1 X + W \quad (8.12)$$

$$W = U + V$$

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.

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:

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

$$E(U_i U_j) = \begin{cases} 0 & \text{arap } i \neq j, i, j \in N \\ \sigma_u^2 & \text{arap } i = j, i, j \in N \end{cases} \quad (8.13)$$

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 texnik yo'llardan 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 ε xato nol qiymat atrofida me'yoriy taqsimlangan. Taxmin qilinadiki, ε_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: ε_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 sezilarli tarzda og'iradi.

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 gomoskedastiklikka tegishli bo'lib, u har bir xato σ^2 ning qiymati noma'lum bo'lgan bir xil variatsiyaga ekanligini anglatadi. Bu taxmin, masalan X ning katta qiymatlari uchun xato dispersiyasini imkon, 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: Gomoskedastiklik

$$Var(\varepsilon_i) = \sigma^2 \quad (8.14)$$

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

$$Cov(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0 \quad i \neq j \quad (8.15)$$

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

$$Var(\varepsilon_i) = E(\varepsilon_i)^2 \quad (8.16)$$

Bundan

$$Cov(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = E(\varepsilon_i, \varepsilon_j) \quad (8.17)$$

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

$$E(\varepsilon_i, X_j) = X_j E(\varepsilon_i) = 0 \quad (8.18)$$

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

$$\frac{1}{n} \sum (x - \bar{x})^2, \quad (8.19)$$

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 xos 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:

$$E(Y_i) = E(\alpha + \beta X_i + \varepsilon_i) = \alpha + \beta X_i \quad (8.20)$$

Bu, α va β 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

$$Var(Y_i) = E[Y_i - E(Y_i)]^2 = E[(\alpha + \beta X_i + \varepsilon_i) - (\alpha + \beta X_i)]^2 = E(\varepsilon_i^2) = \sigma^2 \quad (8.21)$$

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

Bu chiziqni ordinata bilan kesishishi, X ning nolga teng qiymatida Y bahosini o'lchaydigan α kattalikka mos keladi. β ning og'ishi, Y qiymatni X qiymatning har bir qo'shimcha birligiga og'ishdagi o'zgarishini o'lchaydi. Masalan, agar Y yalpi iste'mol, X yalpi daromad ko'rinishida bo'lsa, u holda β nolga teng daromadda iste'mol darajasining chegaraviy og'ishini namoyon qiladi. Bu o'lchamlar qiymatlari noma'lum bo'lgani uchun regressiyaning yempirik chizig'i ma'lum yemas. α va β ning o'lchamlari qiymatlarini hisoblab, regressiyaning nazariy chizig'ini olamiz. α va β ning

qiymatlari $\hat{\alpha}$ va $\hat{\beta}$ hisoblangandek mos hisoblangan bo'lsa, mos holda, bunda regressiyaning nazariy chizig'i quyidagi tenglama orqali berilgan:

$$\hat{Y} = \hat{\alpha} + \hat{\beta} X_i \quad (8.22)$$

bunda $\hat{Y}_i$ - Y ning tekislangan qiymati.

Barchasi bo'lmasa ham, ko'pchiligi Y yempirik qiymatlar nazariy chiziqda yotmaydi, shuning uchun Y_i va $\hat{Y}_i$ qiymatlar mos

kelmaydi. Bu farq qoldiq deb ataladi va ε_i bilan belgilanadi. Shuning uchun quyidagi tenglamalar farqlanadi:

$$Y_i = \alpha + \beta X_i + \varepsilon_i \text{ (empirik)}$$

$$\hat{Y}_i = \hat{\alpha} + \hat{\beta} X_i + \varepsilon_i \text{ (nazariy)}.$$

8.2-masala. y-kvatiraning narxi x_1 -kvartira maydoni, x_2 - kvartiraning xonalar soni, x_3 - xonalar qavatiga bog'liq. Ma'lumotlar quyidagi jadvalda berilgan.

8.15-jadval.

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
y	200	210	240	250	255	300	320	340	350	312
x_1	89	97	65	64	67	78	85	94	101	87
x_2	4	4	3	2	3	3	4	4	4	3
x_3	2	1	4	3	5	4	2	3	2	3

№	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
y	315	326	342	214	345	214	340	210	241	254
x_1	89	97	101	83	120	85	102	75	89	92
x_2	4	4	4	3	5	3	4	3	4	4
x_3	4	3	2	3	4	3	3	2	3	4

Quyidagilarni

1) regressiya tenglamasini aniqlang;

2) korrelyatsiya koeffitsiyenti va determinatsiya koeffitsiyentini toping;

3) parametrlarni Student t-mezoni bilan baholang;

4) regressiya tenglamasini Fisher F-mezoni bilan baholang.

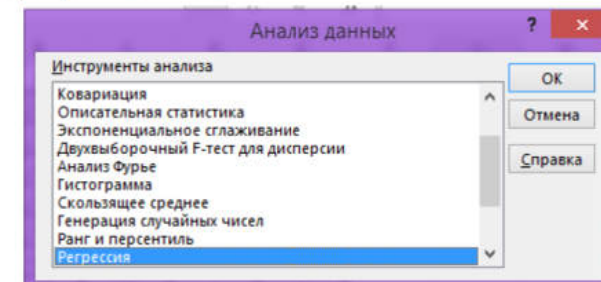
1) Regressiya tenglamasini aniqlash

$\hat{y} = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3$ ko'rinishidagi regression bog'lanishni tanlaymiz. Regressiya tenglamasini 8.1-jadvalga ko'ra Excel elektron jadvaliga kiritamiz:

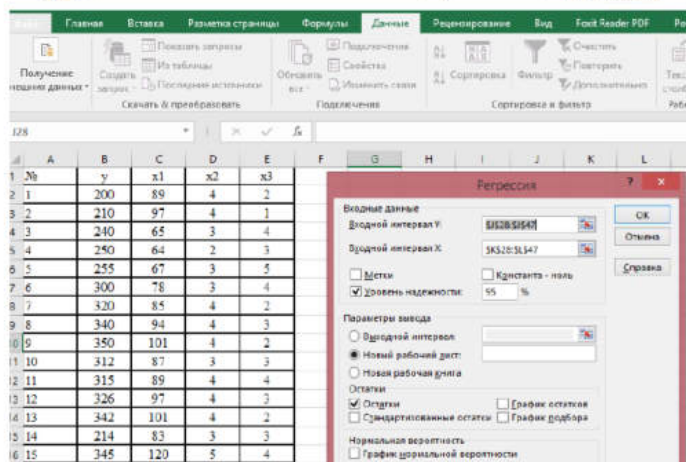
	A	B	C	D	E	F
1	№	y	x_1	x_2	x_3	
2	1	200	89	4	2	
3	2	210	97	4	1	
4	3	240	65	3	4	
5	4	250	64	2	3	
6	5	255	67	3	5	
7	6	300	78	3	4	
8	7	320	85	4	2	
9	8	340	94	4	3	
10	9	350	101	4	2	
11	10	312	87	3	3	
12	11	315	89	4	4	
13	12	326	97	4	3	
14	13	342	101	4	2	
15	14	214	83	3	3	
16	15	345	120	5	4	
17	16	214	85	3	3	
18	17	340	102	4	3	
19	18	210	75	3	2	
20	19	241	89	4	3	
21	20	254	92	4	4	

Quyidagilarni amalga oshiramiz:

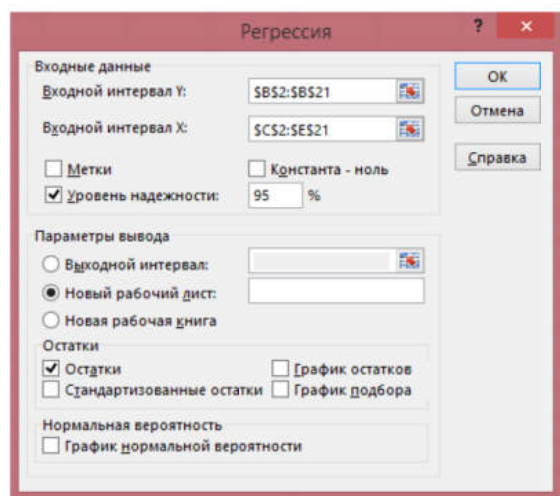
1.1. **Данные** → **Анализ данных** bosladi va ekranda quyidagi muloqot oynasi hosi bo'ladi:



1.2. Регрессия → OK bosiladi:



1.3. Muloqot oynasiga tegishli ma'lumotlar kiritiladi:



1.4. OK bosiladi va ekranda quyidagi hisoblashlar hosil bo'ladi:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Вывод итогов								
2									
3	Регрессионная статистика								
4	Множественный R	0,613392							
5	R-квадрат	0,37625							
6	Нормированный R-квадрат	0,259297							
7	Стандартная ошибка	47,0332							
8	Наблюдения	20							
9									
10	Дисперсионный анализ								
11		df	SS	MS	F	анализ F			
12	Регрессия	3	21349,8547	7116,618232	3,217101	0,050946			
13	Остаток	16	25393,9453	2222,121581					
14	Итого	19	56743,8						
15									
16	коэффициент корреляции статистика значения критерия 95% доверия 95% критерия 95%								
17	Y-пересечение	11,51082	88,50415144	0,130059639	0,89814	-176,11	199,1312	-176,11	199,1312
18	Переменная X 1	2,86564	1,550715433	1,735996514	0,101777	-0,63372	6,365	-0,63372	6,365
19	Переменная X 2	-9,43731	32,78983295	-0,287811974	0,777185	-78,9486	60,07403	-78,9486	60,07403
20	Переменная X 3	16,39574	11,61411644	1,411707505	0,177188	-8,22509	41,01656	-8,22509	41,01656

Bunda $a_0 = 11,51$; $a_1 = 2,86$; $a_2 = -9,44$; $a_3 = 16,4$ ekanligidan izlanayotgan regressiya tenglamasi $\hat{y} = 11,52 + 2,86x_1 - 9,44x_2 + 16,4x_3$ dan iborat bo'ladi. Quyidagi usulda ham regressiya tenglamasini aniqlash mumkin.

1.5. $\hat{y} = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3$, (1) ko'rinishidagi regression bog'lanishni tanlaymiz. a_0, a_1, a_2, a_3 koeffitsiyentlar quyidagi tengamalar sistemasidan topiladi:

$$\begin{cases} na_0 + a_1 \sum x_1 + a_2 \sum x_2 + a_3 \sum x_3 = \sum y \\ a_0 \sum x_1 + a_1 \sum x_1^2 + a_2 \sum x_1x_2 + a_3 \sum x_1x_3 = \sum x_1y \\ a_0 \sum x_2 + a_1 \sum x_1x_2 + a_2 \sum x_2^2 + a_3 \sum x_2x_3 = \sum x_2y \\ a_0 \sum x_3 + a_1 \sum x_1x_3 + a_2 \sum x_2x_3 + a_3 \sum x_3^2 = \sum x_3y \end{cases}, (2)$$

Kramer qoidasiga ko'ra

$$a_0 = \frac{D_{a_0}}{D}, \quad a_1 = \frac{D_{a_1}}{D}, \quad a_2 = \frac{D_{a_2}}{D}, \quad a_3 = \frac{D_{a_3}}{D}, \quad (3) \text{ topiladi.}$$

Yordamchi jadval tuzamiz.

№	y	x1	x2	x3
1	200	89	4	2
2	210	97	4	1
3	240	65	3	4
4	250	64	2	3
5	255	67	3	5
6	300	78	3	4
7	320	85	4	2
8	340	94	4	3
9	350	101	4	2
10	312	87	3	3
11	315	89	4	4
12	326	97	4	3
13	342	101	4	2

14	214	83	3	3
15	345	120	5	4
16	214	85	3	3
17	340	102	4	3
18	210	75	3	2
19	241	89	4	3
20	254	92	4	4
summa	5578	1760	72	60
o'rtacha	278,9	88	3,6	3

№	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	x_1y	x_2y	x_3y	x_1^2	x_2^2	x_3^2
1	356	178	8	17800	800	400	7921	16	4
2	388	97	4	20370	840	210	9409	16	1
3	195	260	12	15600	720	960	4225	9	16
4	128	192	6	16000	500	750	4096	4	9
5	201	335	15	17085	765	1275	4489	9	25
6	234	312	12	23400	900	1200	6084	9	16
7	340	170	8	27200	1280	640	7225	16	4
8	376	282	12	31960	1360	1020	8836	16	9
9	404	202	8	35350	1400	700	10201	16	4
10	261	261	9	27144	936	936	7569	9	9
11	356	356	16	28035	1260	1260	7921	16	16
12	388	291	12	31622	1304	978	9409	16	9
13	404	202	8	34542	1368	684	10201	16	4
14	249	249	9	17762	642	642	6889	9	9
15	600	480	20	41400	1725	1380	14400	25	16
16	255	255	9	18190	642	642	7225	9	9
17	408	306	12	34680	1360	1020	10404	16	9
18	225	150	6	15750	630	420	5625	9	4
19	356	267	12	21449	964	723	7921	16	9
20	368	368	16	23368	1016	1016	8464	16	16
summa	6492	5213	214	498707	20412	16856	158514	268	198
o'rtacha	324,6	260,65	10,7	24935,35	1020,6	842,8	7925,7	13,4	9,9

№	$x1-x1o'rt$	$x2-x2o'rt$	$x3-x3o'rt$	$(x1-x1o'rt)kv$	$(x2-x2o'rt)kv$	$(x3-x3o'rt)kv$	$y-yo'rt$	$(y-yo'rt)kv$
1	1	0,4	-1	1	0,16	1	-78,9	6225,21
2	9	0,4	-2	81	0,16	4	-68,9	4747,21
3	-23	-0,6	1	529	0,36	1	-38,9	1513,21
4	-24	-1,6	0	576	2,56	0	-28,9	835,21
5	-21	-0,6	2	441	0,36	4	-23,9	571,21
6	-10	-0,6	1	100	0,36	1	21,1	445,21
7	-3	0,4	-1	9	0,16	1	41,1	1689,21
8	6	0,4	0	36	0,16	0	61,1	3733,21
9	13	0,4	-1	169	0,16	1	71,1	5055,21
10	-1	-0,6	0	1	0,36	0	33,1	1095,61
11	1	0,4	1	1	0,16	1	36,1	1303,21
12	9	0,4	0	81	0,16	0	47,1	2218,41
13	13	0,4	-1	169	0,16	1	63,1	3981,61
14	-5	-0,6	0	25	0,36	0	-64,9	4212,01
15	32	1,4	1	1024	1,96	1	66,1	4369,21
16	-3	-0,6	0	9	0,36	0	-64,9	4212,01
17	14	0,4	0	196	0,16	0	61,1	3733,21
18	-13	-0,6	-1	169	0,36	1	-68,9	4747,21
19	1	0,4	0	1	0,16	0	-37,9	1436,41
20	4	0,4	1	16	0,16	1	-24,9	620,01
summa	0	0	0	3634	8,8	18	0	56743,80
o'rtacha	0	0	0	181,7	0,44	0,9	0	2837,19

№	ytul	y-ytul	(y-ytul) kv	yurt-ytul	(yurt-ytul)kv
1	261,5949816	-61,59498159	3793,941757	-17,305	299,4636623
2	268,1243626	-58,12436257	3378,441524	-10,7756	116,1143621
3	235,0484098	4,951590153	24,51824505	-43,8516	1922,961959
4	225,2243415	24,7756585	613,8332539	-53,6757	2881,076315
5	257,1754243	-2,175424264	4,73247073	-21,7246	471,9571909
6	272,3017239	27,69827614	767,194501	-6,59828	43,53724798
7	250,1324234	69,86757657	4881,478256	-28,7676	827,5734618
8	292,3189146	47,68108538	2273,485903	13,41891	180,0672697
9	295,9826561	54,01734394	2917,873446	17,08266	291,8171382
10	281,6967444	30,30325562	918,2873011	2,796744	7,821779138
11	294,3864523	20,61354774	424,9183503	15,48645	239,8302037
12	300,9158332	25,08416676	629,2154219	22,01583	484,6969134
13	295,9826561	46,01734394	2117,595943	17,08266	291,8171382
14	270,2341862	-56,23418622	3162,2837	-8,66581	75,09632842
15	373,7839715	-28,78397146	828,5170129	94,88397	9002,96804
16	275,9654653	-61,9654653	3839,71889	-2,93453	8,611493891
17	315,2440309	24,75596906	612,858004	36,34403	1320,888585
18	230,9133346	-20,91333457	437,3675627	-47,9867	2302,720059
19	277,9907169	-36,99071693	1368,313139	-0,90928	0,82679571
20	302,9833709	-48,98337088	2399,370623	24,08337	580,0087531
summa	5578,00	0	35393,95	0	21349,85
o'rtacha	278,9	0	1769,697265	0	1067,492735

Normal tenglamalar sistemasini tuzamiz:

$$\begin{cases} 20a_0 + 1760a_1 + 72a_2 + 60a_3 = 497290 \\ 170a_0 + 158514a_1 + 6492a_2 + 5213a_3 = 498707 \\ 72a_0 + 6492a_1 + 268a_2 + 214a_3 = 20412 \\ 16856a_0 + 52136a_1 + 214a_2 + 198a_3 = 16856 \end{cases}, (4)$$

(4) tenglamalar sistemasining yechimi: $a_0 = 11,51$; $a_1 = 2,86$;

$a_2 = -9,44$; $a_3 = 16,4$. Izlanayotgan regressiya tenglamasi $\tilde{y} = 11,52 + 2,86x_1 - 9,44x_2 + 16,4x_3$ dan iborat bo'ldi.

2) Korrelyatsiya koeffitsiyenti va determinatsiya koeffitsiyentini topish

Determinatsiya koeffitsiyenti quyidagi formuladan

$$R^2 = \frac{\sum (\tilde{y} - \bar{y})^2}{\sum (y - \bar{y})^2}, (5)$$

topiladi. (5) formuladan

$$R^2 = \frac{21349,85}{56743,80} = 0,37635$$

ekanligi kelib chiqdi.

R^2 dan olingan kvadrat ildiz korrelyatsiya koeffitsiyenti

$R = 0,6134$ ga teng. y - natijaviy omil bilan x_1, x_2, x_3 omillar orasidagi bog'lanish o'rtacha zichlikda ekanligi ma'lum bo'ldi.

3) Parametrlarni Styudent t-mezoni bilan baholash

Parametrlarni Styudent t-mezoni bilan baholash

quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$t_{ai} = \frac{a_i}{m_{a_i}}, (6) \text{ bunda } m_{a_i} = \frac{\sigma_y \cdot \sqrt{1 - R^2_{y\alpha_1\alpha_2\ldots\alpha_n}}}{\sigma_{x_i} \cdot \sqrt{1 - R^2_{x_i\alpha_1\alpha_2\ldots\alpha_n}}} \cdot \frac{1}{\sqrt{n - p - 1}}, (7)$$

va

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum (y - \bar{y})^2}{n}}, \sigma_{x_i} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x}_i)^2}{n}}.$$

Styudent mezon $t_{ai} = \frac{a_i}{m_{a_i}}$ formula bilan topiladi. Oldin kerakli

ma'lumotlarni aniqlaymiz:

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum (y - \bar{y})^2}{n}} = \sqrt{\frac{56743,80}{20}} = 53,265;$$

$$\sigma_{x_1} = \sqrt{\frac{\sum (x_1 - \bar{x}_1)^2}{n}} = \sqrt{\frac{3634}{20}} = 13,4796;$$

$$\sigma_{x_2} = \sqrt{\frac{\sum (x_2 - \bar{x}_2)^2}{n}} = \sqrt{\frac{8,8}{20}} = 0,6633;$$

$$\sigma_{x_3} = \sqrt{\frac{\sum (x_3 - \bar{x}_3)^2}{n}} = \sqrt{\frac{18}{20}} = 0,9487$$

Endi $m_{a_1}, m_{a_2}, m_{a_3}$ larni hisoblaymiz:

$$m_{a_1} = \frac{53265 \cdot \sqrt{1 - 0,37635}}{13,4769 \cdot \sqrt{1 - 0,777}} \cdot \frac{1}{\sqrt{20 - 3 - 1}} = 3,9515;$$

$$m_{a_2} = \frac{53,265 \cdot \sqrt{1 - 0,37635}}{0,6633 \cdot \sqrt{1 - 0,776}} \cdot \frac{1}{\sqrt{20 - 3 - 1}} = 32,7898;$$

$$m_{a_3} = \frac{53,265 \cdot \sqrt{1 - 0,37635}}{0,9486 \cdot \sqrt{1 - 0,088}} \cdot \frac{1}{\sqrt{20 - 3 - 1}} = 11,6141.$$

Demak, $m_{a_1} = 1,65$, $m_{a_2} = 32,79$, $m_{a_3} = 11,61$ hosil bo'ldi.

Styudent mezoniga ko'ra $t_{a1} = \frac{a_1}{m_{a_1}} = \frac{2,865}{1,65} = 1,736$;

$t_{a2} = \frac{a_2}{m_{a_2}} = \frac{-9,437}{32,79} = -0,2878$; $t_{a3} = \frac{a_3}{m_{a_3}} = \frac{16,4}{11,61} = 1,41$ teng ekanligi kelib

chiqdi. Excel jadval proessoridan =СТЫЮДЕНТ.ОБР.2Х(0,05;16)= formulaga ko'ra $t_{jad} = 2,119905$ teng ekanligi kelib chiqdi. 2-ildovaga ko'ra $t_{jad}(0,05;16) = 2,1190$ ekanligini bildik.

Styudent mezoniga ko'ra $t_{ai} > t_{jad}$ o'rinli bo'lsa, a_i muhim bo'ladi. Aks holda muhim emas. Bizning masalada a_1, a_2, a_3 muhim emasligi kelib chiqdi.

4) Regressiya tenglamasini Fisher F-mezoni bilan baholash

F-xususiy mezon va t-Styudent mezon alohida regressorlar uchun qo'llaniladi. Bu esa modelning optimal tarkibini tuzish uchun imkoniyatini amalga oshiradi.

a_j parametrlarning muhimligini aniqlaydi va x_j omillarning natijaviy ko'rsatkichga bog'liq emaslik gipotezasini ilgari suramiz:

$$H_0: a_1 = a_2 = a_3 = \dots = a_p = 0$$

Agar

$F_{a_j} \leq F_{tab}(\alpha, 1, n - p - 1)$ tengsizlik o'rinli bo'lsa, u holda gipoteza

tasdiqlanadi, yani a_j regressiya koeffitsiyentlari 0 ga teng bo'ladi va H_0 gipoteza tasdiqlanadi. Bu holatda x_j regresorlar va y orasidagi bog'lanish mavjud bo'lmaydi. Aks holda H_0 gipoteza tasdiqlanmaydi. Bu holatda x_j regresorlar va y orasidagi bog'lanish mavjud bo'ladi.

F-mezon bo'yicha haqiqiy qiymat ushbu formula bilan hisoblanadi:

$$F = \frac{MS_{omus}}{MS_{goldiq}} = \frac{R^2}{1 - R^2} \cdot \frac{n - p - 1}{p}.$$

Qiymatlarni formulaga qo'yamiz:

$$F_{his} = \frac{R^2}{1-R^2} \cdot \frac{n-p-1}{p} = \frac{0,37625}{1-0,37625} \cdot \frac{20-3-1}{3} = 3,217.$$

Excel jadval prossoridan =F.ОБР.ПХ(0,05;3;16) formulaga ko'ra $F_{jad} = 3,238872$ teng ekanligi kelib chiqdi. Fisher mezoni 3-lovadan $F_{jad}(0,05;3;16)=3$, ekanligi topildi. $F_{aj} \leq F_{tab}(\alpha, p, n-p-1)$ ekanligi kelib chiqdi: $F_{his} = 3,217 < F_{jad} = 3,24$ ekanligidan regressiya tenglamasi muhim emas.

Umuman olganda, regressiya tenglamsininig va parametrlarni sifatini aniqlash eng asosiy vazifa hisoblanadi.

Bajarish uchun topshiriqlar

8.3-masala. y-kvatiraning narxi x_1 -kvartira maydoni, x_2 - kvatiraning xonalar soni, x_3 – xonalar qavatiga bog'liq. Ma'lumotlar quyidagi jadvalda berilgan.

8.2-jadval.

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
y	230	215	246	254	258	310	325	346	354	315
x_1	90	98	75	66	67	74	83	93	100	85
x_2	4	4	3	2	3	3	4	4	4	3
x_3	2	1	4	3	5	4	2	3	2	3

Quyidagilarni

- 1) regressiya tenglamasini aniqlang;
- 2) korrelyatsiya koeffitsiyenti va determinatsiya koeffitsiyentini toping;
- 3) parametrlarni Student t-mezoni bilan baholang;
- 4) regressiya tenglamasini Fisher F-mezoni bilan baholang.

8.4-masala. y-kvatiraning narxi x_1 -kvartira maydoni, x_2 - kvatiraning xonalar soni, x_3 – xonalar qavatiga bog'liq. Ma'lumotlar quyidagi jadvalda berilgan.

8.3-jadval.

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
y	234	214	244	255	258	314	323	345	357	312
x_1	92	96	73	64	62	71	82	91	99	87
x_2	4	4	3	2	3	3	4	4	4	3
x_3	2	1	4	3	5	4	2	3	2	3

Quyidagilarni

- 1) regressiya tenglamasini aniqlang;
- 2) korrelyatsiya koeffitsiyenti va determinatsiya koeffitsiyentini toping;
- 3) parametrlarni Student t-mezoni bilan baholang;
- 4) regressiya tenglamasini Fisher F-mezoni bilan baholang.

8.5-masala. y-kvatiraning narxi x_1 -kvartira maydoni, x_2 - kvatiraning xonalar soni, x_3 – xonalar qavatiga bog'liq. Ma'lumotlar quyidagi jadvalda berilgan.

8.4-jadval.

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
y	239	218	247	255	256	315	326	347	354	310
x_1	90	94	72	62	64	70	81	90	94	85
x_2	4	4	3	2	3	3	4	4	4	3
x_3	2	1	4	3	5	4	2	3	2	3

Quyidagilarni

- 1) regressiya tenglamasini aniqlang;
- 2) korrelyatsiya koeffitsiyenti va determinatsiya koeffitsiyentini toping;
- 3) parametrlarni Student t-mezoni bilan baholang;
- 4) regressiya tenglamasini Fisher F-mezoni bilan baholang.

8.6-masala. Quyidagi ma'lumotlar berilgan.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
y	153	11	-0.98	0.2	-1.11	1.31	0.2	1.06	-0.09	0.51	-0.66	1.41
n	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
y	-0.79	0.42	-0.24	1.41	1.89	0.36	1.18	2.18	1.44	1.55	0.09	1.9
n	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
y	1.43	2.39	-0.3	1.42	1	0.91	-1.76	1.12	0.03	0.55	-0.76	

Quyidagilarni

- 1) regressiya tenglamasini aniqlang;
- 2) korrelyatsiya koeffitsiyentini toping;
- 3) geteroskedastlikni aniqlang.

Muhokama uchun savollar

1. Ekonometrik modelni real o'rganilayotgan jarayonga mos kelishini qaysi mezon yordamida aniqlash mumkin?
2. Ekonometrik modeldagi parametrlardan birortasi ishonchsiz bo'lsa, uni nima qilish mumkin?
3. Darbin-Uotson mezon qiyamati qaysi oraliqda o'zgaradi?
4. Bashorat modelini adekvatligini baholovchi mezonlari.
5. Omillarni tanlash va bosqichini asosiy shartlarini aytib bering.
6. Korrelyatsiya koeffitsiyentini mustahkamlashni aniqlashda Student mezonini qo'llanilishi.
7. Bashorat modelini tanlashda kandy mezonlar qo'llanadi?
8. Eng kichik kvadratlar usulini asosiy g'oyasi.

VAQTLI QATORLAR



9.1. VAQTLI QATORLAR TO'G'RISIDA UMUMIY TUSHUNCHALAR VA ULARNI TAHLIL QILISH VAZIFALARI

Vaqtli qatorlar shaklida berilgan o'zgaruvchilarning bog'lanishlarini sabab va oqibatlarini o'rganish ekonometrik modellash tirishda eng murakkab masalalardan hisoblanadi. Bu masalalarda ananaviy korrelyatsion-regression tahlil usullarini qo'llash, ekonometrik modellarni tuzish va ularni tahlil qilish bosqichlarda muhim bo'lgan qator muammolarni keltirib chiqaradi. Bu muammolar birinchi navbatda ekonometrik modellash tirishda ma'lumotlar manbasi bo'lgan vaqtli qatorlarning xususiyati bilan bog'liq. Vaqtli qatorlarning har bir darajasi uchta asosiy komponentalar: tendensiya, siklik, mavsumiy va tasodifiy komponentalardan iborat. Ushbu komponentalarning mavjud bo'lishi vaqtli qatorlarning korrelyatsion-regression tahlili natijalariga qanday ta'sir etishini ko'rib chiqamiz.

Bunday tahlilning dastlabki bosqichi o'rganilayotgan vaqtli qatorlarning tuzilishini aniqlashdan iborat. Agar bu bosqichda vaqtli qatorlar mavsumiy yoki siklik tebranishlarga ega bo'lsa, u holda o'zaro bog'lanishlarni o'rganish bo'yicha keyingi tadqiqotlarni olib borishdan oldin vaqtli qatorlar darajalaridan mavsumiy va siklik komponentalarni chiqarib tashlash kerak. Chunki, ularni vaqtli qatorlarda mavjud bo'lishi, agar ikkala qator birdek takrorlanuvchi siklik tebranishga ega bo'lsa qatorlarning bog'lanish kuchi va zichligi haqiqiy ko'rsatkichlarining qiymatlarini ortishiga olib keladi, agar mavsumiy yoki siklik tebranishlar faqat qatorlardan birida bo'lsa yoki qatorlarda tebranishlar dinamikligi turlicha bo'lsa, ko'rsatkichlarning qiymatlarini kamayishiga olib keladi.

Iqtisodiy hodisalarning makonda o'zgarishini ifodalayotgan sonlar ketma-ketligini kuzatish vaqt qatori 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. Iqtisodiy vaqtli qator farq qiluvchi xususiyatlarini quyidagicha ko'rsatish mumkin:

a) berilgan sharoitda kuzatilayotgan jarayonni qayta kuzatish mumkin emas;

b) odatda kuzatilayotgan qatorlar, kuzatilayotgan tanlanma hajmiga ko'ra juda chegaralangan bo'ladi.

Ekonometrik model qurishda ikki turdagi ma'lumotlardan foydalanish mumkin:

- ma'lum bir vaqtdagi turli xil ob'ektlarni tavsiflovchi ma'lumotlar to'plami;
- bitta ob'ektni turli vaqt ketma-ketligida tavsiflovchi ma'lumotlar.

Bu ma'lumotlardan, asosan, kuzatilayotgan jarayon yoki muammoni tahlil qilish hamda uning matematik modelini qurish uchun foydalaniladi. Birinchi turdagi ma'lumotlar bo'yicha qurilgan modellarni **fazoviy modellar** deyiladi. Ikkinchi turdagi ma'lumotlar asosida qurilgan modellar esa **vaqtli qator modeli** deyiladi.

Bir xil vaqt o'tishi bilan yig'iladigan, ro'yxatga olinadigan yoki kuzatiladigan ma'lumotlar ketma-ketligiga vaqtli qator deyiladi.

9.2. DINAMIK QATORLAR. VAQTLI QATORLARNING DASTLABKI TAHLILI

Dinamik qator- ketma-ket (xronologik tartibda) joylashgan statistik ko'rsatkichlar qatori, ularning o'zgarishi o'rganilayotgan hodisani ma'lum bir rivojlanish tendentsiyaga egaligi ko'rsatadi. Dinamik qator lag tashkil etuvchisini o'z ichiga oladi. Vaqtli qator-vaqt bo'yicha ketma – ket tartibda joylashgan sonli ko'rsatkichlar qatori bo'lib, ular hodisa yoki jarayonni holati darajasi va o'zgarishini xarakterlaydi. Vaqtli qatorning asosiy elementlari:

-vaqt ko'rsatkichi;

-qator darajasi.

Vaqtli qator – bu o'rganilayotgan ob'ekt biror xususiyatining turli paytda kuzatilgan qiymatlaridan iborat. Masalan, meditsinada kardiogramma, geologiyada zilzila yoki er ostida o'tkazilgan portlashlar natijasida vujudga kelgan tebranishlar grafigi, astronomiyada quyosh aktivligi grafigi yoki biror korxonaning ishlab chiqarish hajmi va h.k.

Iqtisodiyotda ishsizlik darajasi yoki foiz stavkasining o'zgarishi, valyuta va aksiyalar kursining o'zgarish dinamikasini misol qilib ko'rsatish mumkin.

Kuzatiladigan vaqt oralig'i esa uzluksiz davom etishi, bir minut, bir soat, kun, oy yoki yil bo'lishi mumkin.

Umuman olganda bir ob'ektning bir nechta xususiyati bir paytda kuzatilishi ham mumkin.

Vaqtli qatorlar hodisalarni tavsiflash vaqtiga ko'ra momentli va davriy vaqtli qatorlariga bo'linadi. Davriy vaqtli qatorlari o'rganilayotgan hodisa va jarayonlarni ma'lum davr oralig'i (interval)dagi holatini ifodalaydi. Masalan, bir oy (yoki yil) da ishlab chiqarilgan mahsulot, sotilgan tovarlar hajmi, ekilgan er maydoni va h.k. Momentli vaqtli qatorlari o'rganilayotgan hodisa va jarayonlarni ma'lum bir aniq momentga holatini ifodalaydi. Masalan, aholi soni, kassadagi pul qoldig'i va hokazo.

O'rganilayotgan hodisa va jarayonlarning dinamikasini miqdoriy tomondan baholashda quyidagi statistik ko'rsatkichlar qo'llaniladi:

- mutlaq qo'shimcha o'zgarish;

- o'zgarish sur'ati;

- qo'shimcha o'zgarish sur'ati;

- bir foiz o'zgarishning mutlaq mohiyati.

1) Mutlaq qo'shimcha o'zgarish. O'rganilayotgan davr darajasini oldingi yoki bazis davr darajasidan farqini ifodalaydi.

Bazisli usulda: $\Delta_{yb} = Y_t - Y_0$.

Zanjirsimon usulda: $\Delta_{yz} = Y_t - Y_z$.

2) O'zgarish sur'ati. O'rganilayotgan davr darajasini oldingi yoki bazis davr darajasiga nisbatini ifodalaydi.

Bazisli usulda: $R_b = \frac{Y_t}{Y_0} \cdot 100$.

Zanjirsimon usulda: $R_z = \frac{Y_t}{Y_{t-1}} \cdot 100$.

3) Qo'shimcha o'zgarish sur'ati. Mutlaq o'zgarishning oldingi yoki bazis davr darajasiga nisbatini ifodalaydi:

Bazisli usulda: $\Delta R_b = \frac{Y - Y_0}{Y_0} \cdot 100$ yoki $\Delta R_b = R_b - 100$.

Z anjirsimon usulda: $\Delta R_z = \frac{Y - Y_z}{Y_z} \cdot 100$ yoki $\Delta R_z = R_z - 100$.

4) Bir foizga qo'shimcha o'zgarishining mutlaq mohiyati.

Qo'shimcha o'zgarish 1 % ining mutlaq miqdorda qanchaga tengligini ifodalaydi:

$$\frac{\Delta Y_i}{\Delta R_p} = \frac{Y_i - Y_{i-1}}{\frac{Y_i - Y_{i-1}}{Y_{i-1}} \cdot 100} = 0,01 \cdot Y_i.$$

9.3. ADDITIV VA MULTIPLIKATIV MODELLAR.**MAVSUMIYLIK TAHLILI. TENDENSIYANI ANIQLASH**

Muayyan davrdagi turli ijtimoiy-iqtisodiy hodisalarni ta'riflash va tahlil qilish uchun ushbu jarayonlarni vaqtga ko'ra (dinamikada) tavsiflovchi ko'rsatkichlar va usullar qo'llaniladi. Adabiyotlarda dinamik qator va vaqtli qator tushunchasidan foydalaniladi. "Dinamik qator" tushunchasi tor ma'noda - omilning o'sish (pasayish) tendensiyasiga ega bo'lgan yo'naltirilgan o'zgarishi sifatida talqin etiladi. Vaqtli qator deganda muayyan tendensiyaga ega bo'lishi shart bo'lmagan darajalar qator, ya'ni qandaydir ko'rsatkich darajalarining statistik izchilligi tushuniladi. Shunday qilib, "Vaqtli qator" - ancha umumiy tushuncha. Bunday qator qandaydir ko'rsatkich darajalari ketma-ketligining ham dinamik, ham statistik tarkibiy qismini o'z ichiga oladi. Biroq adabiyotlarda ko'pincha "dinamik qator" atamasi qo'llaniladi.

Dinamik qator - bu ketma - ket (solnomaviy tartibda) joylashgan statistik ko'rsatkichlar qator bo'lib, ularning o'zgarishi o'rganilayotgan hodisaning muayyan tendensiyasiga ega.

Dinamik qator lag tarkibiy qismini o'z ichiga oladi.

Vaqtli qator - bu vaqtga ko'ra ketma-ket joylashgan sonli ko'rsatkichlar qator bo'lib, ular hodisa yoki jarayon holati va o'garishining darajasini tavsiflaydi. Vaqtli qator ning asosiy qismlari bo'lib vaqt ko'rsatkichi hamda qator darajasi hisoblanadi. Vaqt ko'rsatkichiga qarab Vaqtli qatorlar oniy (muayyan sanada) va oraliq (muayyan davr uchun) turlarga bo'linadi (9.1 va 9.2-jadvallar).

9.1 -jadval

**O'zbekistonga jalb etilgan investisiyalarning
YaIMdagi ulushi, % hisobida**

	I-chorak 2009	I-II-chorak 2010	I-chorak 2011	I-chorak 2012	I-II-chorak 2010
YaIM ulushi	34	29,4	25,0	21,6	22,8
Investisiyalar o'sishi	3,4	4,8	4,0	4,4	11,2

**O'zbekistan viloyatlarida YaHM hajmi indeksining
dinamiksi, o'tgan yilga nisbatan % hisobida**

Viloyat	2008	2009	2010	2011	2012
Andijon	111,3	109,6	110,5	113,3	109,4
Samarqand	107,8	109,7	113,6	110,9	110,7
Toshkent sh.	118,6	113,0	112,4	116,9	110,2

Ifodalash shakliga ko'ra vaqtli qator dagi darajalar mutloq, o'rtacha (9.1-jadval) va nisbiy (9.2-jadval) kattaliklar bilan ifodalanishi mumkin.¹¹

Darajalar o'rtasidagi masofaga ko'ra vaqtli qatorlar vaqtga ko'ra (9.1 va 9.2-jadvallar) teng turadigan va teng turmaydigandarajalarga ega qatorlarga bo'linadi. Teng turuvchi qatorlarda davrni ro'yxatga olish sanalari bir-biridan keyin teng oraliqlarda keladi, teng turmaydigan qatorlarda teng oraliqlarga amal qilinmaydi.

Vaqtli qatorlarni turli belgilarga ko'ra tasniflash mumkin. Vaqtga ko'ra, vaqtli qatorlar oniy va oraliq qatorlarga, darajalarining ifodalanish shakliga ko'ra mutloq, o'rtacha va nisbiy kattaliklardan tashkil topadi. Sanalar yoki vaqt oraliqlari

o'rtasidagi masofaga ko'ra vaqtli qatorlarsiz teng va tengsiz qatorlarga va mazmuniga ko'ra esa alohida hamda umumlashtirilgan ko'rsatkichlardan iborat qatorga bo'linadi.

Vaqtli qatorlar, shuningdek, sanalar o'rtasidagi masofa va ko'rsatkichlarning mazmuni buyicha ham farq qiladi. Ko'rsatkichlarning mazmuniga ko'ra vaqtli qatorlar alohida ko'rsatkichlardan va umumlashtirilgan ko'rsatkichlardan iborat turlarga bo'linadi. Alohida ko'rsatkichlar hodisani alohida ajratilgan holda, bir tomonlama tavsiflaydi (masalan, iste'mol qilingan suv bir sutkalik o'rtacha hajmi ko'rsatkichlarining dinamiksi); umumlashtirilgan ko'rsatkichlar alohida ko'rsatkichlardan xosil bulgan ko'rsatkichlar bo'lib, o'rganilayotgan hodisani kompleks tarzda tavsiflaydi (masalan, iqtisodiy kon'yunktura ko'rsatkichlari Dinamiksi).

Vaqtli qatorlarni tuzishda ma'lum shartlarga amal qilmaslik oqibatida yuzaga keladigan muayyan qoidalarga rioya etish zarur, aks holda bu qatorning taqqoslab bo'lmazligiga olib keladi.

Vaqtli qatorning asosiy komponentasi bo'lib **trend** hisoblanadi. **Trend**- uzoq muddatli ko'p yo'nalishli harakatdagi umumiy tendensiya va tizimli tarkibiy qismi hisoblanadi. **Trend** - bu vaqt bo'yicha qatorni barqaror tendensiyasi bo'lib, ozmi-ko'pmi tasodifiy tebranishlardan ta'siridan ozoddir.

Vaqtli qatorlarda odatda uch ko'rinishdagi tendensiyaga ajratiladi. O'rta daraja tendensiyasi odatda matematik tenglama

¹¹ Berkinov B.B. Ekonometrika: o'quv qo'llanma. -T.: "Fan va texnologiya", 2015. 184 bet

yordamida ifodalangan hodisaning o'zgarayotgan haqiqiy darajasini ifodalaydigan

additiv model:

$$y = T(t) + S(t) + E(t), (9.1)$$

multiplikativ model:

$$y = T(t) \cdot S(t) \cdot E(t), (9.2)$$

Ba'zida model quyidagicha yoziladi:

additiv model:

$$y = T(t) + S(t) + H(t) + E(t), (9.1^1)$$

multiplikativ model:

$$y = T(t) \cdot S(t) \cdot H(t) \cdot E(t), (9.2^1)$$

T(t) — **trend**. Mahsulotni ortiqcha ishlab chiqarilishining mahsulot sotish tempining o'zgarishiga bog'liqligini aniqlaydigan funksiya.

S(t) — **mavsumiylik**. Hafta va yilga bog'liq davriy o'zgarishlarni mavsumiyligi modeli.

H(t) - **davriy (bayramlar va hodisalar)**. Favquloddagi anomal kunlarni mavsumiyligini holatini hisobga olmaydigan model.

E(t) - **tasodifiy xato**.

Vaqtli qatorni taqqoslab bo'lmazligining asosiy sabablari quyidagilar hisoblanadi:

- qamrab olinadigan obyektlar doirasi bo'yicha - obyektlarning har xil to'liqlikda qamrab olinishi natijasida yuzaga keladi;
- hisoblab chiqish metodologiyasi bo'yicha - ko'rsatkichlar yagona hisoblab chiqish metodologiyasi bo'yicha hisoblab chiqilishi kerak;

- o'lchov birliklari bo'yicha - ko'rsatkich turli o'lchov birliklarida ifodalanishi mumkin bo'lgan holatlarda yuzaga keladi (masalan, mehnat unumdorligi mehnat va qiymat birliklarida o'lchanadi);

- ishonchlilik bo'yicha tanlashning turli davrlar bo'yicha - har xil reprezentativligi oqibatida yuzaga keladi;

- hudud bo'yicha - mintaqalar va hokazolar chegaralarini o'lchash natijasida yuzaga keladi;

- qiymat ko'rsatkichlari bo'yicha - narxlarni o'lchash oqibatida yuzaga keladi;

- ro'yxatga olish vaqti bo'yicha - mavsumiy hodisalar tufayli yuzaga keladi. Masalan, elektr energiyasi yil vaqtlariga qarab turlicha iste'mol qilinadi, shuning uchun uni faqat muayyan sanani hisobga olgan holda taqqoslash mumkin.

Davrlar tengligidan tashqari, taqqoslanadigan bosqichlarning bir xilligi oraliq vaqtli qator darajalari taqqoslana olinishining shartlaridan biri hisoblanadi. Vqator darajasining ko'rsatkichlari rivojlanishning yagona qonuniga bo'ysunishi kerak. Bunday

holatlarda katorni davrlarga ajratish yoki vaqtga ko'ra tipologik guruhlash amalga oshiriladi.

Vaqtli qatorlar ikki elementdan tarkib topadi: biri vaqt momentlari yoki davrlar, ikkinchisi - ularga tegishli ko'rsatkichlar.

4. Vaqtli qatorlarni tekislash. "Trend modellari yordamida analitik tekislash. Qator darajalarining avtokorelyatsiyasi"

Vaqtli qatorlar uzoq muddatli tendensiya, ayrim davrlarga xos siklik yoki lokal o'zgarishlar, kundalik tebranishlar va mavsumiy o'zgarishlarni o'zida mujassamlashtirishi mumkin. Vaqtli qatorlar quyidagilar bilan xarakterlanadi:

1. *uzoq muddatli harakat yo'nalishi, ya'ni umumiy asriy tendensiya;*
2. *qisqaroq davrlarga xos siklik yoki lokal o'zgarishlar;*
3. *ayrim yillarga tegishli tebranishlar;*
4. *mavsumiy to'liqlar;*
5. *kon'yunkturaviy tebranishlar*

Vaqt ko'rsatkichidan bog'langan holda vaqtli qatorlar momentli (ma'lum bir sanaga) va intervalliga (ma'lum bir davr ichida) tasniflanadi (klassifikatsiyalanadi).

Shuningdek, vaqtli qatorlar sanalar o'rtasidagi oraliq va ko'rsatkichlarni mazmuni bo'yicha farqlanadi. Mazmuni bo'yicha vaqtli qatorlar ko'rsatkichlari xususiy va agregatsiyalangan ko'rsatkichlaridan tashkil topadi. Xususiy ko'rsatkichlar hodisa va jarayonlarni ajratib, bir tomonlama xarakterlaydi (masalan, sutkada o'rta suv iste'mol qilish hajmi ko'rsatkichining dinamikasini): agregatsiyalangan ko'rsatkichlar xususiy ko'rsatkichlardan hosila hisoblanadi va o'rganilayotgan hodisa va jarayonni kompleks xarakterlaydi (masalan, iqtisodiy kon'yunkturaning ko'rsatkichlarini dinamikasi).

Vaqtli qatorlarni tuzishda ma'lum qoidalarga rioya qilish kerak (talablarga), ular ma'lum bir shartlarni bajarmaslik oqibatida yuzaga kelishi mumkin, bu esa qatorni solishtirib bo'lmaydigan holga olib kelishi mumkin.

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.

Agarda qatorning tashkil etuvchilarining barchasi aniq topilgan bo'lsa, unda tasodifiy komponentaning matematik kutilishi nolga teng bo'ladi va uning o'rta 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 tebranishlardan ta'siridan ozoddir.

Murakkab ijtimoiy hodisa va jarayonlarning o'zgarish tendensiyalari ko'rsatkichlarini faqat u yoki bu tenglamalar, trend chiziqlari bilan taxmini ifodalash mumkin.

Vaqtli qatorlarda odatda uch ko'rinishdagi tendensiya ajratiladi. O'rta daraja tendensiyasi odatda matematik tenglama yordamida ifodalangan to'g'ri chiziqning atrofida izlanayotgan hodisaning o'zgarayotgan haqiqiy darajasini ifodalaydi.

Agar qatorning turli metodologiya bo'yicha yoki turli chegaralarda hisoblab chiqilgan darajalari mavjud bo'lsa, u holda bunday vaqtli qator qatorlarni birlashtirish usuli yordamida taqqoslanadigan ko'rinishga keltiriladi.

Bir davr uchun turli metodologiya bo'yicha (yoki turli chegaralarda) hisoblab chiqilgan ma'lumotlarning mavjudligi birlashtirish uchun zaruriy shart hisoblanadi. Agar qator darajasining ko'rsatkichlari ham musbat, ham manfiy qiymatlarga ega bo'lsa (masalan, tashkilotdagi qator yillar uchun foyda va zarar), u holda ma'lumotlardan tahlil uchun foydalanib bo'lmaydi va vaqtli qator taqqoslanmaydigan hisoblanadi.

Trend parametrlari qiymatlari eng 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 yarmi manfiy qiymat bo'ladi va yarmi – musbat. Bunday holda normal tenglamalar tizimi qisqaradi.

Avtokorrelyasiya deb haqiqiy qator darajalari bilan vaqt bo'yicha bir yoki bir necha davrlarga surilgan darajalar o'rtasidagi korrelyasiyaga aytiladi.

Avtokorrelyasiya - dinamik qatordagi ketma-ket qiymatlar orasidagi bog'liqlik.

Qator darajalariga asosan moslik avtokorrelyasiya koeffitsiyenti quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$r_{\tau} = \frac{\sum_{t=\tau+1}^n (y_t - \bar{y}_{1\tau})(y_{t-\tau} - \bar{y}_{2\tau})}{\sqrt{\sum_{t=\tau+1}^n (y_t - \bar{y}_{1\tau})^2} \cdot \sqrt{\sum_{t=2}^n (y_{t-\tau} - \bar{y}_{2\tau})^2}};$$

bu yerda:

$$\bar{y}_{1\tau} = \frac{\sum_{t=\tau+1}^n y_t}{n-\tau}, \quad \bar{y}_{2\tau} = \frac{\sum_{t=2}^n y_{t-\tau}}{n-\tau}, \quad \tau = 1, 2, 3, \dots$$

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

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

$$\varphi = \frac{\sum (y - \tilde{y})^2}{\sum (y - \bar{y})^2}, \quad (9.3)$$

Avtokorrelyasiya - vaqtli qatorlarning keyingi va oldingi hadlari o'rtasidagi korrelyatsion bog'lanish hisoblanadi.

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

9.1-masala. Hududiy elektr tarmoqlari bo'limida elektr energiyaning taqsimlanishi 2016-2021yillarda kvartallar bo'yicha quyidagi 9.3-jadvalda berilgan.

9.3-jadval

t	yillar	y _t elektr energiyaning taqsimlanishi, ming kilovat-soat
1	1 kv.2016	15270
2	2 kv.2016	16288,3
3	3 kv.2016	16922,9
4	4 kv.2016	19005,4
5	1 kv.2017	17098,1
6	2 kv.2017	19994,2
7	3 kv.2017	22117,4
8	4 kv.2017	24344,9
9	1 kv.2018	20582,2
10	2 kv.2018	25035,7
11	3 kv.2018	27579,4
12	4 kv.2018	31106,3
13	1 kv.2019	27920,4
14	2 kv.2019	29446,8
15	3 kv.2019	32335,63
16	4 kv.2019	38464,7
17	1 kv.2020	34207,3
18	2 kv.2020	34689,6
19	3 kv.2020	37476
20	4 kv.2020	44925,1
21	1 kv.2021	44565,9
22	2 kv.2021	47508,3
23	3 kv.2021	48650,4
24	4 kv.2021	51334,6

Masalaning yechilishi

1. Berilgan masalani grafigi yasaladi.



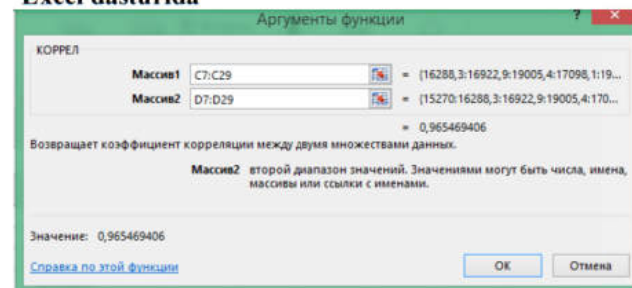
2. Grafikda trend va mavsumiylik bo'lganligi uchun bu masalani tahlil qilamiz. 1-rasmdagi grafikda trend tendensiyasi ko'proq va mavsumiy tebranishlar kam ekanligi ko'rinib turibdi.

3. 6 yillik ma'lumotlardan kvartal bo'yicha foydalanamiz avtokorrelyatsiya koeffitsiyentlarini aniqlaymiz.

9.4-jadval

t	yt, elektr energiyaning taqsimlanishi	yt-1	yt-2	yt-3	yt-4	yt-5	yt-6	yt-7
1	15270							
2	16288,3	15270						
3	16922,9	16288,3	15270					
4	19005,4	16922,9	16288,3	15270				
5	17098,1	19005,4	16922,9	16288,3	15270			
6	19994,2	17098,1	19005,4	16922,9	16288,3	15270		
7	22117,4	19994,2	17098,1	19005,4	16922,9	16288,3	15270	
8	24344,9	22117,4	19994,2	17098,1	19005,4	16922,9	16288,3	15270
9	20582,2	24344,9	22117,4	19994,2	17098,1	19005,4	16922,9	16288,3
10	25035,7	20582,2	24344,9	22117,4	19994,2	17098,1	19005,4	16922,9
11	27579,4	25035,7	20582,2	24344,9	22117,4	19994,2	17098,1	19005,4
12	31106,3	27579,4	25035,7	20582,2	24344,9	22117,4	19994,2	17098,1
13	27920,4	31106,3	27579,4	25035,7	20582,2	24344,9	22117,4	19994,2
14	29446,8	27920,4	31106,3	27579,4	25035,7	20582,2	24344,9	22117,4
15	32335,63	29446,8	27920,4	31106,3	27579,4	25035,7	20582,2	24344,9
16	38464,7	32335,63	29446,8	27920,4	31106,3	27579,4	25035,7	20582,2
17	34207,3	38464,7	32335,63	29446,8	27920,4	31106,3	27579,4	25035,7
18	34689,6	34207,3	38464,7	32335,63	29446,8	27920,4	31106,3	27579,4
19	37476	34689,6	34207,3	38464,7	32335,63	29446,8	27920,4	31106,3
20	44925,1	37476	34689,6	34207,3	38464,7	32335,63	29446,8	27920,4
21	44565,9	44925,1	37476	34689,6	34207,3	38464,7	32335,63	29446,8
22	47508,3	44565,9	44925,1	37476	34689,6	34207,3	38464,7	32335,63
23	48650,4	47508,3	44565,9	44925,1	37476	34689,6	34207,3	38464,7
24	51334,6	48650,4	47508,3	44565,9	44925,1	37476	34689,6	34207,3

Excel dasturida

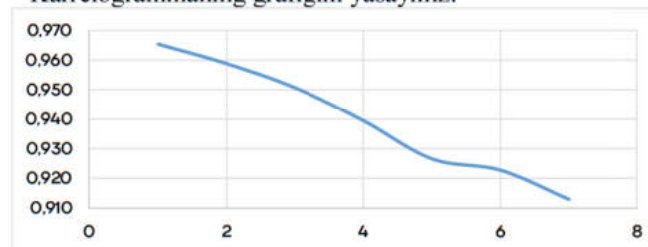


aniqlaymiz: $r(1)=0,9654$. Keyingi qiymatlarni 9.6-jadvalda tasvirlaymiz:

9.6-jadval

r(1)	r(2)	r(3)	r(4)	r(5)	r(6)	r(7)
0,965	0,959	0,951	0,939	0,927	0,923	0,913

Karrelogrammaning grafigini yasaymiz.



Bu karrelogramma T-trendning tendensiyasi yuqori ekanligini bildiradi.

4. **Additiv model tuzamiz.** Modelning umumiy ko'rinishi quyidagicha;

$$Y_t = T + S + E. \quad (9.4)$$

bunda Y_t -modelning umumiy ko'rinishi, T -trend, S - mavsumiylik, E -tasodifiy xato.

5. **O'rtacha sirg'alish topiladi.** Berilgan daraialarning o'rtacha siljitish bilan tekislaymiz. Buning uchun:

- har bir kvartalning darajalarini qo'shamiz;
- yig'inda 4 ga bo'linadi va yangi ustunlig 2-satridan yozib boramiz. Bunday tekislash mavsumiy komponentani saqlamaydi.

6. **O'rtacha markaziy sirg'alish.** O'rtacha markaziy sirg'alish- o'rtacha sirg'alish ikkita dastlabki ikkitasini o'rtachasini

topish orqali topiladi. Bu holatda mavsumiylik komponentalari mavjud bo'ladi.

Mavsumiy komponentani baholash y_t ning qiymatidan markaziy sirg'alish ayriladi. Natijada quyidagiga ega bo'lamiz. 1 va 2-kvartal hamda oxirga kvartal hisoblanmaydi.

9.7-jadval

yillar	t	y. elektr energiyaning taqsimlanishi, ming kilovat-soat	O'rtacha sirg'alish	O'rtacha markaziy sirg'alish	Mavsumiy komponenta
1 кв.2016	1	15270	-		-
2 кв.2016	2	16288,3	-		-
3 кв.2016	3	16922,9	16871,65	17100,1625	-177,2625
4 кв.2016	4	19005,4	17328,68	17791,9125	1213,4875
1 кв.2017	5	17098,1	18255,15	18904,4625	-1806,3625
2 кв.2017	6	19994,2	19553,78	20221,2125	-227,0125
3 кв.2017	7	22117,4	20888,65	21324,1625	793,2375
4 кв.2017	8	24344,9	21759,68	22389,8625	1955,0375
1 кв.2018	9	20582,2	23020,05	23702,8	-3120,6
2 кв.2018	10	25035,7	24385,55	25230,725	-195,025
3 кв.2018	11	27579,4	26075,9	26993,175	586,225
4 кв.2018	12	31106,3	27910,45	28461,8375	2644,4625
1 кв.2019	13	27920,4	29013,23	29607,75375	-1687,35375
2 кв.2019	14	29446,8	30202,28	31122,0825	-1675,2825
3 кв.2019	15	32335,63	32041,88	32827,745	-492,115
4 кв.2019	16	38464,7	33613,61	34268,9575	4195,7425
1 кв.2020	17	34207,3	34924,31	35566,85375	-1359,55375
2 кв.2020	18	34689,6	36209,4	37016,95	-2327,35
3 кв.2020	19	37476	37824,5	39119,325	-1643,325
4 кв.2020	20	44925,1	40414,15	42016,4875	2908,6125
1 кв.2021	21	44565,9	43618,83	45015,625	-449,725
2 кв.2021	22	47508,3	46412,43	47213,6125	294,6875
3 кв.2021	23	48650,4	48014,8		
4 кв.2021	24	51334,6	-		-

7. Berilgan darajalar va markaziy o'rtacha markaziy sirg'alish orasidagi farq mavsumiy tebranishni bildiradi. S mavsumiy komponentaning qiymatlarini baholash uchun har bir kvartalning o'rtacha qiymatini topamiz.

9.8-jadval

		Kvartal			
yillar		I	II	III	IV
2016		-	-	-177,2625	1213,4875
2017		-1806,3625	-227,0125	793,2375	1955,0375
2018		-3120,6	-195,025	-195,025	2644,4625
2019		-1687,35375	-1675,2825	-492,115	4195,7425
2020		-1359,55375	-2327,35	-1643,325	2908,6125
2021		-449,725	-449,725	-	-
i-kvartal bo'yicha jami		-8423,595	4129,98	-933,24	12917,34
Mavsumiy tebranishlar o'rtacha komponentasi $\bar{S}_i$		-1684,719	-825,997	-186,648	2583,469
$\bar{S}_i$ ning yig'indisini topib 4 soniga bo'lamiz: $\bar{s} = \frac{-1684,719 - 825,997 - 186,648 + 2583,469}{4} = -28,4738$ $\bar{S}_i$ ning har bir qiymatidan $\bar{s}$ ni ayiramiz va tuzatilgan mavsumiy tebranishlarning ortachasini topamiz					
Tuzatilgan mavsumiy tebranishlar o'rtacha komponentasi		-1656,24525	-797,523	-158,174	2611,942

Shunday qilib, mavsumiy tebranishning komponentalari:

I kvartal: $S_1 = -1656,24525$;

II kvartal: $S_2 = -797,523$;

III kvartal: $S_3 = -158,174$;

IV kvartal: $S_4 = 2611,942$.

Bu qiymatlarni 5-jadvalga qo'yamiz. Berilgan vaqtlga qatorda mavsumiylikni ta'sirini hisoblaymiz: $T + E = y_t - S$. Natijalarni quyidagi jadvalda hisoblashlarni amalga oshiramiz. Keyin xatoliklarni ham shu jadvalda bajaramiz.

9.9-jadval

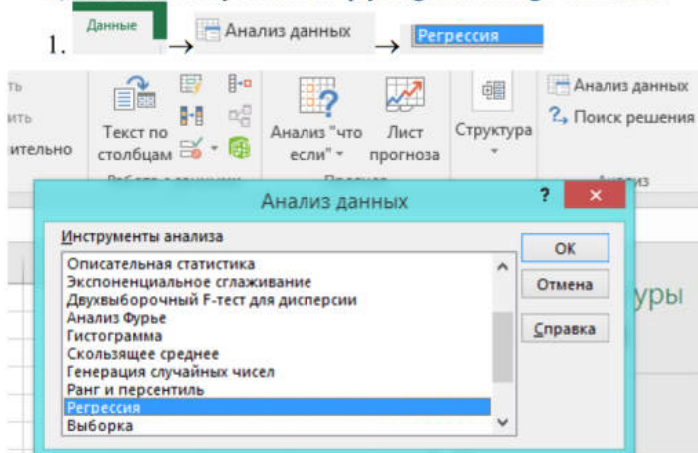
t	y_t	St	$yt-St$
1	15270	-1656,25	16926,24525
2	16288,3	-797,523	17085,82275
3	16922,9	-158,174	17081,07425
4	19005,4	2611,942	16393,45775
5	17098,1	-1656,25	18754,34525
6	19994,2	-797,523	20791,72275
7	22117,4	-158,174	22275,57425
8	24344,9	2611,942	21732,95775
9	20582,2	-1656,25	22238,44525
10	25035,7	-797,523	25833,22275
11	27579,4	-158,174	27737,57425
12	31106,3	2611,942	28494,35775
13	27920,4	-1656,25	29576,64525
14	29446,8	-797,523	30244,32275
15	32335,63	-158,174	32493,80425
16	38464,7	2611,942	35852,75775
17	34207,3	-1656,25	35863,54525
18	34689,6	-797,523	35487,12275
19	37476	-158,174	37634,17425
20	44925,1	2611,942	42313,15775
21	44565,9	-1656,25	46222,14525
22	47508,3	-797,523	48305,82275
23	48650,4	-158,174	48808,57425
24	51334,6	2611,942	48722,65775

Trend quyidagicha topiladi:

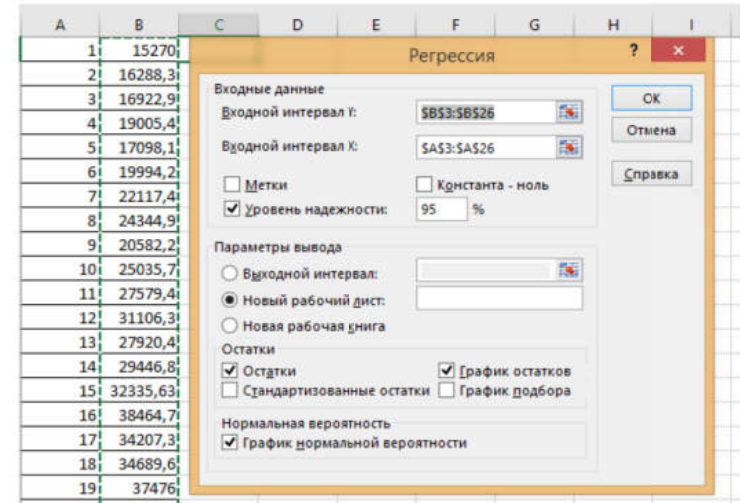
1) 5-jadvalning t va y_t ustunlaridan foyalanib, eng kichik kvadratlar usulini qo'llab, chiziqli trend topiladi:

$$\hat{y} = 10935,37 + 1548,07 \cdot t.$$

2) Excel dasturi yordamida quyidagicha amalga oshiramiz.



va . Ma'lumotlar quyidagi muloqot oynasiga kiritildi.



natijada quyidagi hosil bo'ladi.

1	Вывод итогов					
2						
3	Регрессионная статистика					
4	Множественный R	0,975223639				
5	R-квадрат	0,951061147				
6	Нормированный R-	0,948836653				
7	Стандартная ошибка	2538,929035				
8	Наблюдения	24				
9						
10	Дисперсионный анализ					
11		df	SS	MS	F	значимость F
12	Регрессия	1	2,76E+09	2,76E+09	427,5406	6,44E-16
13	С остаток	22	1,42E+08	6446161		
14	Итого	23	2,9E+09			
15						
16	Коэффициент стандартная ошибка статистика Значения критерия 95% доверительного интервала 95% доверительного интервала					
17	Y-пересечение	10935,36819	1069,779	10,22208	8,08E-10	8716,782 13153,95
18	Переменная X 1	1548,068978	74,86893	20,67705	6,44E-16	1392,8 1703,338

22	ВЫВОД ОСТАТКА			ВЫВОД ВЕРОЯТНОСТИ	
23					
24	Наблюдение	редсказанное	Остатки	Персентил	Y
25	1	12483,43717	2786,563	2,083333	15270
26	2	14031,50614	2256,794	6,25	16288,3
27	3	15579,57512	1343,325	10,41667	16922,9
28	4	17127,6441	1877,756	14,58333	17098,1
29	5	18675,71308	-1577,61	18,75	19005,4
30	6	20223,78206	-229,582	22,91667	19994,2
31	7	21771,85104	345,549	27,08333	20582,2
32	8	23319,92001	1024,98	31,25	22117,4
33	9	24867,98899	-4285,79	35,41667	24344,9
34	10	26416,05797	-1380,36	39,58333	25035,7
35	11	27964,12695	-384,727	43,75	27579,4
36	12	29512,19593	1594,104	47,91667	27920,4
37	13	31060,26491	-3139,86	52,08333	29446,8
38	14	32608,33388	-3161,53	56,25	31106,3
39	15	34156,40286	-1820,77	60,41667	32335,63
40	16	35704,47184	2760,228	64,58333	34207,3
41	17	37252,54082	-3045,24	68,75	34689,6
42	18	38800,6098	-4111,01	72,91667	37476
43	19	40348,67878	-2872,68	77,08333	38464,7
44	20	41896,74775	3028,352	81,25	44565,9
45	21	43444,81673	1121,083	85,41667	44925,1
46	22	44992,88571	2515,414	89,58333	47508,3
47	23	46540,95469	2109,445	93,75	48650,4
48	24	48089,02367	3245,576	97,91667	51334,6
49					

9, Shunday qilib, mavsumiy tebranishning komponentalari:

I kvartal: $S1 = -1656,24525$;

II kvartal: $S2 = -797,523$;

III kvartal: $S3 = -158,174$;

IV kvartal: $S4 = 2611,942$.

Bu qiymatlarni 5-jadvalga qo'yamiz. Berilgan vaqtli qatorga mavsumiylikni ta'sirini hisoblaymiz: $T + E = y_t - S$. Natijalrni quyidagi jadvalda hisoblashlarni amalga oshiamiz. Keyin xatoliklarni ham shu jadvalda sajaramiz. $\bar{y} = 10935,37 + 1548,07 \cdot t$ asosida quyidagi hisoblashlarni bajaramiz,

9.9-jadval

t	yt	St	yt-St	Trend	Trend-St
1	15270,00	-1656,25	16926,25	12886,75	11230,51
2	16288,30	-797,52	17085,82	14399,75	13602,23
3	16922,90	-158,17	17081,07	15912,75	15754,58
4	19005,40	2611,94	16393,46	17425,75	20037,69
5	17098,10	-1656,25	18754,35	18938,75	17282,50
6	19994,20	-797,52	20791,72	20451,74	19654,22
7	22117,40	-158,17	22275,57	21964,74	21806,57
8	24344,90	2611,94	21732,96	23477,74	26089,68
9	20582,20	-1656,25	22238,45	24990,74	23334,49
10	25035,70	-797,52	25833,22	26503,74	25706,21
11	27579,40	-158,17	27737,57	28016,73	27858,56
12	31106,30	2611,94	28494,36	29529,73	32141,67
13	27920,40	-1656,25	29576,65	31042,73	29386,48
14	29446,80	-797,52	30244,32	32555,73	31758,20
15	32335,63	-158,17	32493,80	34068,73	33910,55
16	38464,70	2611,94	35852,76	35581,72	38193,67
17	34207,30	-1656,25	35863,55	37094,72	35438,48
18	34689,60	-797,52	35487,12	38607,72	37810,20
19	37476,00	-158,17	37634,17	40120,72	39962,54
20	44925,10	2611,94	42313,16	41633,71	44245,66
21	44565,90	-1656,25	46222,15	43146,71	41490,47
22	47508,30	-797,52	48305,82	44659,71	43862,19
23	48650,40	-158,17	48808,57	46172,71	46014,53
24	51334,60	2611,94	48722,66	47685,71	50297,65
25	47542,459				
26	49914,179				
27	52066,526				
28	56349,64				

9.10-jadval

t	yt	Trend-St	et=(yt-(Trend-St))	et*2	(yt-ycpea)*2
1	15270,00	11230,51	4039,49	16317485,55	22548715,93
2	16288,30	13602,23	2686,07	7214973,91	195942055,95
3	16922,90	15754,58	1168,32	1364980,83	178578599,83
4	19005,40	20037,69	-1032,29	1065623,60	127257134,89
5	17098,10	17282,50	-184,40	34003,68	173926783,89
6	19994,20	19654,22	339,98	115585,53	105925890,10
7	22117,40	21806,57	310,83	96616,73	66729790,38
8	24344,90	26089,68	-1744,78	3044264,54	35299407,12
9	20582,20	23334,49	-2752,29	757513,98	94168206,33
10	25035,70	25706,21	-670,51	449587,55	27568069,66
11	27579,40	27858,56	-279,16	77929,92	7326930,90
12	31106,30	32141,67	-1035,37	1071998,73	672514,12
13	27920,40	29386,48	-1466,08	2149402,65	5597153,56
14	29446,80	31758,20	-2311,40	5342590,88	704643,42
15	32335,63	33910,55	-1574,92	2480375,94	4200038,65
16	38464,70	38193,67	271,03	73459,79	66887364,73
17	34207,30	35438,48	-1231,18	1515793,71	15374786,68
18	34689,60	37810,20	-3120,60	9738120,33	19389663,69
19	37476,00	39962,54	-2486,54	6182893,88	51692786,66
20	44925,10	44245,66	679,44	461642,84	24296502,68
21	44565,90	41490,47	3075,43	9458285,87	203908963,41
22	47508,30	43862,19	3646,11	13294134,36	296599680,73
23	48650,40	46014,53	2635,87	6947788,62	337242724,49
24	51334,60	50297,65	1036,95	1075268,23	443033862,12
25	47542,459		Yig'indi=	97147921,66	2897810730
26	49914,179			R*2=	96,65%
27	52066,526				
28	56349,64				

10. Korrelyatsiya koeffitsiyenti quyidagi formula bilan topiladi:

$$R^2 = 1 - \frac{e_t^2}{\sum (y - y_{o'rt})^2} = 1 - \frac{97147921,66}{2897810730} = 0,97.$$

Trendning parametrlari orasidagi bog'lanish zichligi kuchli ekanligi aniqlandi.

11.2. Avtokorrelyatsiyani aniqlash uchun testlar

Avtokorrelyatsiya mavjudligini tekshirishda Darbin-Uotson mezonini qo'llanadi:

$$DW = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2}, (9.5)$$

Darbin-Uotson mezonini bo'yicha avtokorrelyatsiya mavjudligi yoki mavjud emasligini tekshirish uchun qoldiqlarning avtokorrelyatsiyasi tekshiriladi. Avtokorrelyatsiyaning mavjudligi bir necha qadamlarda tekshiriladi. Tekshirish 0-4 oraliq bo'yicha bir nechta qismlarda tekshiriladi.

9.14-jadval

0	Musbat avtokorrelyatsiya	DW1	Aniqmaslik sohasi	DW2	Avtokorrelyatsiya mavjud emas	4-DW2	Aniqmaslik sohasi	4-DW1	Manfiy avtokorrelyatsiya	4
---	--------------------------	-----	-------------------	-----	-------------------------------	-------	-------------------	-------	--------------------------	---

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.

H_0 : avtokorrelyatsiya mavjud emas degan gipoteza.

Agar

1) $0 < DW < DW_1$ bo'lsa, H_0 gipoteza qabul qilinmaydi, musbat avtokorrelyatsiya mavjud;

2) $DW_1 < DW < DW_2$ bo'lsa, avtokorrelyatsiyaning mavjudligi aniq emas. Noaniqlik sohasi;

3) $DW_2 < DW < 4-DW_2$ bo'lsa, H_0 gipoteza qabul qilinadi, avtokorrelyatsiya mavjud emas;

4) $4-DW_2 < DW < 4-DW_1$ bo'lsa, avtokorrelyatsiyaning mavjudligi aniq emas. Noaniqlik sohasi;

5) $4-DW_1 < DW < 4$ bo'lsa, H_0 gipoteza qabul qilinmaydi, manfiy avtokorrelyatsiya mavjud;

$$DW = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2} = \frac{\sum_{t=2}^n e_t^2 - 2 \sum_{t=2}^n e_t \cdot e_{t-1} + \sum_{t=2}^n e_{t-1}^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2} = \frac{\sum_{t=2}^n e_t^2 + \sum_{t=1}^{n-1} e_t^2 - 2 \sum_{t=2}^n e_t \cdot e_{t-1}}{\sum_{t=1}^n e_t^2} =$$

$$= \frac{e_1^2 + e_n^2 + 2 \sum_{t=2}^{n-1} e_t^2 - 2 \sum_{t=2}^{n-1} e_t \cdot e_{t-1}}{\sum_{t=1}^n e_t^2} \approx 2 - 2 \cdot \frac{\sum_{t=2}^{n-1} e_t \cdot e_{t-1}}{\sum_{t=1}^n e_t^2} = 2(1 - r_1)$$

$DW=2$ bo'lganda, birinchi tartibli avtokorrelyatsiya mavjud bo'lmaydi: $r_1=0$;

$DW=4$ soniga yaqinlashganda, birinchi tartibli avtokorrelyatsiya mavjud bo'ladi: $r_1=-1$;

$DW=0$ bo'lganda, birinchi tartibli avtokorrelyatsiya mavjud bo'ladi: $r_1=-1$.

Darbin – Uotson mezonini

Avtokorrelyatsiya- bu keyingi darajalar bilan oldingilari o'rtasidagi yoki haqiqiy darajalari bilan tegishli tekislangan qiymatlari o'rtasidagi farqlar orasidagi korrelyatsiyadir.

Hozirgi vaqtda avtokorrelyatsiya mavjudligini tekshirishda Darbin – Uotson mezonini qo'llanadi:

Darbin-Uotson formulasi

$$DW = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2}, (9.7)$$

Darbin-Uotson mezonini talablari

1. Avtokorrelyatsiyaning mavjud emasligi to'g'risidagi H_0 faraz ilgari suriladi. H_1 va H_2 muqobil farazlar-bu tegishli musbat va manfiy avtokorrelyatsiyaning mavjudligi.

2. Maxsus jadvallar bo'yicha n kuzatuvlarning berilgan (ma'lum) soni, m model mustaqil o'zgaruvchilarining soni va ahamiyatlilik darajasi uchun Darbin-Uotson mezonining dW_1 va dW_2 kritik qiymatlari aniqlanadi.

3. Quyidagi rasm asosida $(1 - \alpha)$ ehtimollikka ega har bir faraz qabul qilinadi yoki rad etiladi:

9.16- jadval

0	Musbat avtokorrelyatsiya	DW1	Aniqmaslik sohasi	DW2	Avtokorrelyatsiya mavjud emas	4-DW2	Aniqmaslik sohasi	4-DW1	Manfiy avtokorrelyatsiya	4
---	--------------------------	-----	-------------------	-----	-------------------------------	-------	-------------------	-------	--------------------------	---

Agar Darbin-Uotson mezonining haqiqiy qiymati noaniqlik zonasiga tushsa, u holda avtokorrelyasiyaning mavjudligi nazarda tutiladi. Darbin-Uotson mezonini avtoregressiya modellariga nisbatan qo'llab bo'lmaydi. Qoldiqlar avtokorrelyasiyasini aniqlash uchun avtoregressiya modellarida h -Darbin mezonidan foydalaniladi.

Avtokorrelyasiya mavjudligini tekshirish jarayoni quyidagicha amalga oshiriladi.

r_a (hisoblangan) qiymati hisoblanadi:

$$r_a(\text{hisoblangan}) = \frac{\sum (z_t - z_{t+1})}{\sum z_t^2}, \quad (9.8)$$

bu yerda, $z_t = y - \tilde{y}$ - qoldiq miqdor; z_{t+1} - vaqt bilan aralashgan qoldiq miqdor.

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

$$v = \sqrt{\frac{\sum \left(\frac{y - \tilde{y}}{y} \cdot 100 \right)^2}{n}}, \quad (9.9)$$

Shundan so'ng quyi oraliqi

$$y_i \left(1 - \frac{v}{100} \right), \quad (9.10)$$

yuqori oraliqi bo'yicha

$$y_i \left(1 + \frac{v}{100} \right), \quad (9.11)$$

ishonchlilik oraliqlari hisoblab chiqiladi.

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

a) bashoratlanayotgan hodisa ko'rsatkichlari dinamikini aniqlashda muhim ahamiyatga ega bo'lgan omillar imkonini hisobga olib bilmaslik;

b) korrelyatsion tenglamalar koeffitsiyentlari ularning qiymatini aniqlaydigan sharoitlar o'zgarishi bilan qiymatining o'zgaruvchanligi;

c) 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, dinamik qatorlarni tahlil qilish jarayonida darajalar tebranuvchanligining o'zini o'rganish, statistik tekshirish predmeti sifatida qarash ham muhim ahamiyat kasb etadi.

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, oqibatlar 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 ob'ektlari 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 lagi deb ataladi. Avtokorrelyatsion tahlil hodisalar Dinamiksga oid o'rtacha lag muddatini belgilash imkonini beradi.

Natijada kapital qo'yilmalar iqtisodiy samaradorligini to'g'ri, asosli baholash uchun sharoit tug'iladi.

Darbin mezon (h) - bu

$$h = \left(1 - \frac{d}{2} \right) \sqrt{\frac{n}{1 - nV}}, \quad (9.12)$$

bu yerda d - avtoregressiya modeli uchun Darbin-Uotson mezonining haqiqiy qiymati; n - modeldagi kuzatuvlar soni; Darbin mezon (h) bo'yicha (N_0) nolli farazning qabul qilinishi yoki rad etilishi quyidagi qoidaga asoslanadi.

h-Darbin mezonining talqini quyidagilardan iborat:

1. Agar $h > 1,96$ bo'lsa, u holda qoldiqlar musbat avtokorrelyasiyasining mavjud emasligi to'g'risidagi nolli faraz rad etiladi.
2. Agar $h < -1,96$ bo'lsa, u holda qoldiqlar manfiy avtokorrelyasiyasining mavjud emasligi to'g'risidagi nolli faraz rad etiladi.
3. Agar $-1,96 < h < 1,96$ bo'lsa, u holda qoldiqlar avtokorrelyasiyasining mavjud emasligi to'g'risidagi nolli faraz rad etilmaydi.
4. h taqsimoti taxminan normal taqsimotga yaqin.

O'z navbatida, qoldiqlar avtokorrelyasiyasining mavjudligi yoki mavjud emasligi to'g'risidagi farazlarni tekshirishni standartlash-tirilgan normal taqsimot jadvalidan foydalangan holda h mezonining haqiqiy qiymatini jadvaldagi qiymat bilan solishtirish asosida amalga oshirish mumkin.

9.2-masala. 9.16-jadval ma'lumotlariga ishlab chiqarish xom-oshyosi bilan detal ishlab chiqarilishi orasidagi bog'lanish berilgan.

9.16-jadval

x	23	15	28	29	30	40	44	47	25	29	34	43
y	120	145	124	120	165	186	201	196	105	145	156	185

Quyidagilarni

1) regressiya tenglamasini aniqlang;

2) korrelyasiya koeffitsiyentini toping;

3) Darbun-Uatson mezon bo'yicha avtokorrelyasiya mavjudligi yoki mavjud emasligini tekshirish.

Masalaning yechilishi. 1. Hisoblashlarni amalga oshirish yordamchi javal asosida bajarilsin.

1. Regressiya tenglamasini aniqlash. Bog'lanish turi:

$\tilde{y} = a_0 + a_1x$ ko'rinishida izlanadi.

9.17-jadval

x va y ma'lumotlari asosida korrelyasiya koeffitsiyenti va regressiya tenglamasi aniqlanadi					
n	x	y	x^2	y^2	$x \cdot y$
1	23	120	529	14400	2760
2	15	145	225	21025	2175
3	28	124	784	15376	3472
4	29	120	841	14400	3480
5	30	165	900	27225	4950
6	40	186	1600	34596	7440
7	44	201	1936	40401	8844
8	47	196	2209	38416	9212
9	25	105	625	11025	2625
10	29	145	841	21025	4205
11	34	156	1156	24336	5304
12	43	185	1849	34225	7955
Yig'indi	387	1848	13495	296450	62422

n=12.

$$\bar{x} = (\sum x) / n = 387 / 12 = 32,25;$$

$$\bar{y} = (\sum y) / n = 1848 / 12 = 154;$$

$$a_1 = \frac{N \sum xy - \sum x \sum y}{N \sum x^2 - (\sum x)^2}; a_1 = \frac{12 \cdot 62422 - 387 \cdot 1848}{12 \cdot 13495 - 387^2} = 2,78$$

-x ning oldidagi koeffitsiyent;

$$a_0 = \frac{\sum x^2 \sum y - \sum x \sum xy}{N \sum x^2 - (\sum x)^2}, a_0 = \frac{13495 \cdot 1848 - 387 \cdot 62422}{12 \cdot 13495 - 387^2} = 64,21 -$$

ozod had;

Izlanayotgan regressiya tenglamasi $\tilde{y} = 2,78 \cdot x + 64,21$ dan iborat.

2. Korrelyasiya koeffitsiyenti aniqlanadi:

Korrelyasiya koeffitsiyenti quyidagi formuladan topiladi:

$$r = \frac{n \cdot \sum xy - \sum x \cdot \sum y}{\sqrt{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2} \cdot \sqrt{n \cdot \sum y^2 - (\sum y)^2}}, (9.13)$$

$$\text{Demak, } r = \frac{12 \cdot 62422 - 387 \cdot 1848}{\sqrt{12 \cdot 13495 - 387^2} \cdot \sqrt{12 \cdot 296450 - 1848^2}} = 0,8143.$$

Determinatsiya koeffitsiyenti korrelyasiya koeffitsiyentining kvadratiga teng.

Korrelyasiya 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.

3. Darbun-Uatson mezon bo'yicha avtokorrelyasiya

mavjudligi yoki mavjud emasligini tekshirish. Darbun-Uatson

mezon bo'yicha avtokorrelyasiya mavjudligi yoki mavjud emasligini tekshirish uchun qoldiqlarning avtokorrelyasiyasi tekshiriladi. Avtokorrelyasiyaning mavjudligi bir necha qadamlarda tekshiriladi. Tekshirish 0-4 oraliq bo'yicha bir nechta qismlarda tekshiriladi.

9.18-jadval

O	Musbat avtokorrelyasiya	DW1	Aniqmaslik sohasi	DW2	Avtokorrelyasiya mavjud emas	4-DW2	Aniqmaslik sohasi	4-DW1	Manfiy avtokorrelyasiya	4
---	-------------------------	-----	-------------------	-----	------------------------------	-------	-------------------	-------	-------------------------	---

1-qadam. Darbin-Uatson formulasi

$$DW = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2}, (9.14)$$

bo'yicha hisoblashlarni amalga oshiramiz. DW ning qiymatlari 0-4 oraliqqa tegishli bo'lishi mumkin.

2-qadam. Yordamchi jadval tuzib DW ni aniqlaymiz.

9.19-jadval

n	et	et^2	et-et-1	(et-et-1)^2
1	-8,245008627	67,98017	-	-
2	39,02957851	1523,308	47,27459	2234,886589
3	-18,16662559	330,0263	-57,1962	3271,405762
4	-24,95094898	622,5499	-6,78432	46,02704388
5	17,26472763	298,0708	42,21568	1782,163351
6	10,42149371	108,6075	-6,84323	46,82985044
7	14,28420015	204,0384	3,862706	14,92050099
8	0,931229973	0,867189	-13,353	178,3018125
9	-28,81365541	830,2267	-29,7449	884,7582065
10	0,049051023	0,002406	28,86271	833,0558227
11	-2,872565935	8,251635	-2,92162	8,535845651
13	1,06852354	1,141743	3,941089	15,53218625
Yig'indi		3995,071		9316,416971

8.4-jadval ma'lumotlariga ko'ra $DW = \frac{9316,42}{3995,07} = 2,33$

ekanligi kelib chiqdi. Ilovadagi Darbin-Uatson jadvalida ko'zatislar soni 12 ta va rarametrlar soni 1 ta ekanligidan $DW_1=0,971$; $DW_2=1,32$; 4- $DW_2=2,68$; 4- $DW_1=3,029$ nuqtalarni aniqladik. Bu ma'lumotlar ososida quyidagi 1-chizmani yasaymiz:

Darbin-Uatson mezonni asosida tuzilgan oraliqlar

9.20-jadval

	Musbat avtokorrelatsiya	DW1	Aniqmaslik sohasi	DW2	Abtkorrelatsiya mavjud emas	4-DW2	Aniqmaslik sohasi	4-DW1	Manfiy avtokorrelatsiya	4
0		0,971		1,32	2,33	2,68		3,029		4

Darbin-Uatson mezon asosida tuzilgan oraliqlarga ko'ra avtokorrelatsiya mavjud emas.

Vaqt qatorlaridagi avtokorrelatsiyani kamaytirish (yoki yo'qotish) uchun bir necha usullardan foydalaniladi. Vaqt qatorlaridagi avtokorrelatsiyani kamaytirish (yoki yo'qotish) quyidagi usullardan foydalanish mumkin:

Avtokorrelatsiyaning mavjudligi qatorlar dnamiksi 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 Dinamiksida avtokorrelatsiya mavjudligini aniqlash lozim bo'lgan hollarda tatbiq etish mumkin.

Qator darajalariga asosan moslik avtokorrelatsiya koeffitsiyenti quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$r_{\tau} = \frac{\sum_{t=\tau+1}^n (y_t - \bar{y}_{1\tau})(y_{t-\tau} - \bar{y}_{2\tau})}{\sqrt{\sum_{t=\tau+1}^n (y_t - \bar{y}_{1\tau})^2} \cdot \sqrt{\sum_{t=\tau+1}^n (y_{t-\tau} - \bar{y}_{2\tau})^2}}; (9.15)$$

bu yerda:

$$\bar{y}_{1\tau} = \frac{\sum_{t=\tau+1}^n y_t}{n-\tau}, \quad \bar{y}_{2\tau} = \frac{\sum_{t=\tau+1}^n y_{t-\tau}}{n-\tau}, \quad \tau = 1, 2, 3, \dots$$

Avtokorrelyatsiya tendensiyasi vaqtli qatorning alohida darajalari o'rtasidagi aloqalarni xarakterlaydi.

Izlanayotgan trend tenglamasini tanlashda **soddalik prinsipiga** amal qilish kerak va u bir nech xil chiziqlardan empirik ma'lumotlarga eng yaqinini (bir muncha soddasini) tanlashdan iborat bo'ladi. Bu yana shu bilan asoslashadiki, chiziqli trendning tenglamasi qancha murakkab bo'lsa va u qancha ko'p parametrlarni o'z ichiga olsa, ularning yaqinlash darajasi teng bo'lganida ham bu parametrlarni ishonchli baholash shuncha qiyinlashib boradi.

Ekonometrik izlanishlarda tanlangan model bo'yicha yuqorida sanab o'tilgan har bir komponentni **miqdoriy tahlili** 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 quyida keltirilgan ikkita mezon hisoblanadi.

Trend 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 mezonni sifatida Styudent mezonni qabul qilinadi. Agarda $t \geq \alpha$, bo'lsa, bunda t - Styudent mezonining hisoblangan qiymati; α - ahamiyatlilik darajasi α - jadvaldagi qiymat,

unda trendning mavjud emasligi haqidagi gipoteza inkor etiladi; agar $t < t_{\alpha}$ bo'lsa u 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 tahlil qilishda va uni bo'yicha prognozlarni tuzishda qo'llaniladi.

Chiziqli trendning eng sodda turi bo'lib to'g'ri chiziqli hisoblanadi va u chiziqli tenglama trendi bilan ifodalanadi:

$$\tilde{y}_i = a_0 + a_1 \cdot t_i, (9.16)$$

bunda $\tilde{y}_i$ – 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.

Tendensiyani yo'qotish usullari

Tendensiyalarni yo'qotishning barcha usullari mohiyati - vaqt omilini qator darajalariga ta'sirini yo'qotish yoki uni belgilab qo'yishdan iborat.

Tendensiyalarni yo'qotish usullarini ikki guruhga bo'lish mumkin:

- berilgan qator darajalarini tendensiyaga ega bo'lmagan yangi o'zgaruvchilarga o'zgartirish usullari. O'zgartirilgan o'zgaruvchilar o'rganilayotgan dinamik qatorlarda o'zaro bog'lanishlarni tahlil qilishda foydalaniladi. Bu usullar yordamida har bir dinamik qatorda T trend komponentalari bevosita yo'qotiladi. Ushbu guruhga ikki usul: ketma-ket ayirmalar va trenddan chetlanish kiradi;

- vaqt omilini modelning bog'liq va bog'liq bo'lmagan o'zgaruvchilariga ta'sirini ajratgan holda berilgan qatorlarning o'zaro bog'lanishini o'rganishga asoslangan usullar. O'z navbatida bu usul dinamik qatorlarning regressiya modeliga vaqt omilini kiritish usuli ham deyiladi.

Yuqorida keltirilgan usullarni qo'llashning afzalliklari va kamchiliklarini ko'rib chiqamiz.

Trenddan chetlanish usuli

Ikkita x_t va y_t vaqtli qatorlarda T – trend va $\mathcal{E}$ - tasodifiy komponentalar bor bo'lsin. Ushbu qatorlarning har birida analitik tekislashni amalga oshirish trend tenglamalarining mos parametrlarini va trend bo'yicha hisoblangan $\bar{x}_t$ va $\bar{y}_t$ larning darajalarini aniqlash imkonini beradi. Bu hisoblash natijalarini har bir qatorning T - trend komponentalarini baholash uchun qabul qilsa bo'ladi. Shuning uchun tendensiyani ta'sirini darajalarning berilgan qiymatlaridan hisoblangan qiymatlarini ayirish yo'li bilan yo'qotish mumkin. Ushbu amallar modelning har bir Dinamik qator uchun bajariladi. Qatorlarning o'zaro bog'liqligining keyingi tahlili berilgan

darajalarni qo'llab emas, balki $x_t - \bar{x}_t$ va $y_t - \bar{y}_t$ trenddan og'ishlarni qo'llagan (hosil bo'lgan qatorlarda trend bo'lmagan) holda amalga oshiriladi.

Ketma-ket ayirmalar usuli. Ko'p hollarda tendensiyalarni yo'qotish maqsadida vaqtli qatorlarni analitik tekislash o'rniga soddaroq bo'lgan usul - ketma-ket ayirmalar usuli qo'llaniladi. Agar vaqtli qator aniq ifodalangan chiziqli tendensiyaga ega bo'lsa, u holda berilgan qator darajalarini zanjirsimon mutloq qo'shimcha o'sish (birinchi tartibli ayirma) bilan almashtirib tendensiyani yo'qotish mumkin.

$$y_t = y_t + \varepsilon_t \quad (9.17)$$

bo'lsin, bu yerda ε_t - tasodifiy xatolik.

$$y_t = a + b \cdot t \quad (9.18)$$

U holda

$$\Delta_t = y_t - y_{t-1} = a + b \cdot t + \varepsilon_t - (a + b \cdot (t-1) + \varepsilon_{t-1}) = b + (\varepsilon_t - \varepsilon_{t-1}). \quad (9.19)$$

Bu yerda b – vaqtga bog'liq bo'lmagan koeffitsient. Kuchli tendensiya mavjud bo'lganda ε_t -qoldiq yetarlicha kichik bo'lib u tasodifiy xususiyatga ega. Shuning uchun qator darajalarining birinchi tartibli ayirmasi Δ_t o'zgaruvchi vaqtga bog'liq emas, ulardan keyingi tahlillarda foydalanish mumkin.

Agar vaqtli qator ikkinchi tartibli parabola shaklidagi tendensiyaga ega bo'lsa, u holda uni yo'qotish uchun qatorning berilgan darajalarini ikkinchi tartibli ayirmaga almashtirish mumkin.

(2) munosabat o'rinli bo'lib,

$$y_t = a + b_1 \cdot t + b_2 \cdot t^2 \quad (9.20)$$

bo'lsin. U holda

$$\begin{aligned} \Delta_t &= y_t - y_{t-1} = a + b_1 \cdot t + b_2 \cdot t^2 + \varepsilon_t - (a + b_1 \cdot (t-1) + b_2 \cdot (t-1)^2 + \varepsilon_{t-1}) = \\ &= b_1 - b_2 + 2 \cdot b_2 \cdot t + (\varepsilon_t - \varepsilon_{t-1}). \end{aligned} \quad (9.21)$$

Ushbu munosabatdan ko'rinib turibdiki birinchi tartibli ayirma

Δ_t vaqt omili (t)ga bevosita bog'liq va u tendensiyaga ega.

Ikkinchi tartibli ayirmani aniqlaymiz:

$$\begin{aligned} \Delta_t^2 &= \Delta_t - \Delta_{t-1} = b_1 - b_2 + 2 \cdot b_2 \cdot t + (\varepsilon_t - \varepsilon_{t-1}) - \\ &- (b_1 - b_2 + 2 \cdot b_2 \cdot (t-1) + (\varepsilon_{t-1} - \varepsilon_{t-2})) = \\ &= 2 \cdot b_2 + (\varepsilon_t - 2 \cdot \varepsilon_{t-1} + \varepsilon_{t-2}) \end{aligned} \quad (9.22)$$

Ko'rinib turibdiki, Δ_t^2 ikkinchi ayirma tendensiyaga ega emas, shuning uchun berilgan darajalarda ikkinchi tartibli trendning mavjud bo'lganda ularni kelgusi tahlillarda qo'llash mumkin. Agar vaqtli qator tendensiyasi eksponensial yoki darajali trendga mos kelsa ketma-ket ayirmalar usulini qatorning berilgan darajalariga emas, balki ularning logarifmlariga qo'llash ma'qul.

Ayrim hollarda vaqtli qator parametrlari ma'lum bir oraliqda o'zgarishi mumkin.

Bu muammoni yechish uchun Braun tomonidan yaratilgan eksponensial usulidan foydalanamiz. Bu usulni mohiyati shundan iboratki, vaqt bo'yicha olingan qator eksponensial qonuniyatiga bo'ysunib bashorat qilinadi.

Faraz qilaylik:

$$y = a_0 + a_1 t, \quad (9.23)$$

ko'rinishidagi chiziqli funksiya berilgan bo'lsin. Bu yerdagi a_0 va a_1 parametrlarni topish uchun o'rtacha eksponensial $S_{n1}(y)$ va $S_{n2}(y)$ miqdorlarni topamiz.

$$S_{n1}(y) = a_0 + \frac{1 - \alpha}{\alpha \times a_1}, \quad (9.24)$$

$$S_{n2}(y) = a_0 + \frac{2(1 - \alpha)}{\alpha \times a_1}, \quad (9.25)$$

Agar bu sistemani a_0 va a_1 ga nisbatan yechsak, quyidagilarni xosil qilamiz:

$$a_0 = 2S_{n1}(y) - S_{n2}(y), \quad (9.26)$$

$$a_1 = \frac{1}{1 - \alpha} [S_{n1}(y) - S_{n2}(y)], \quad (9.27)$$

k darajadagi eksponenta rekurent formulasi orqali topiladi.

$$S_{ik}(y) = \alpha S_{i,k-1}(y) + (1 - \alpha) S_{i-1,k}(y) \quad (9.28)$$

Bu yerda $\alpha = 2 / (m + 1)$

m -kuzatuvlar soni.

Umuman olganda $0 < \alpha < 1$ bo'ladi.

Agar α parametr 1 ga yaqin bo'lsa, bashoratlashtirish uchun keyingi holatlar hisobga olinadi. Agar $\alpha \rightarrow 0$ bo'lsa bashoratda ilgari holat nazarda tutiladi.

9.3-masala. 8 oylik ishsizlik darajasi berilgan.

9.21- jadval

oylar	1	2	3	4	5	6	7	8
Y_t	8,8	8,6	8,4	8,1	7,9	7,6	7,4	7

1) birinchi va ikkinchi tartibli avtokorrelyasiya koeffitsiyentini aniqlang;

2) trendni tanlang va uning parametrlarini aniqlang.

Yechish.

1) Birinchi tartibli avtokorrelyasiya koeffitsiyentini aniqlaymiz.

9.22- jadval

Oylar t	y_t	y_{t-1}	$y_{t-1} - y_{10/n}$	$y_{t-1} - y_{20/n}$	$(y_{t-1} - y_{10/n}) \cdot (y_{t-1} - y_{20/n})$	$(y_{t-1} - y_{10/n})^2$	$(y_{t-1} - y_{20/n})^2$
1	8,8	-	-	-	-	-	-
2	8,6	8,8	0,74	0,69	0,51	0,552	0,47
3	8,4	8,6	0,54	0,49	0,26	0,295	0,24
4	8,1	8,4	0,24	0,29	0,07	0,059	0,08
5	7,9	8,1	0,04	-0	-0	0,002	0
6	7,6	7,9	-0,3	-0,2	0,06	0,066	0,05
7	7,4	7,6	-0,5	-0,5	0,24	0,209	0,26
8	7	7,4	-0,9	-0,7	0,61	0,735	0,51
summa	55	56,8			1,74	1,917	1,61
o'rtacha	7,857143	8,11					

Birinchi tartibli avtokorrelyasiya koeffitsiyenti quyidagi formulalar orqali topiladi:

$$\bar{y}_t = \frac{\sum_{t=2}^8 y_t}{n-1} = \frac{8,6+8,4+8,1+7,9+7,6+7,4+7}{7} = \frac{55}{7} = 7,85;$$

$$\bar{y}_1 = \frac{\sum_{t=2}^8 y_t}{n-1} = \frac{8,8+8,6+8,4+8,1+7,9+7,6+7,4}{7} = \frac{56,8}{7} = 8,11.$$

$$r_1 = \frac{\sum_{t=2}^8 (y_t - \bar{y}_t)(y_{t-1} - \bar{y}_1)}{\sqrt{\sum_{t=2}^8 (y_t - \bar{y}_t)^2} \cdot \sqrt{\sum_{t=2}^8 (y_{t-1} - \bar{y}_1)^2}};$$

$$r_1 = \frac{1,74}{\sqrt{1,917} \cdot \sqrt{1,609}} = 0,993.$$

Ikkinchi tartibli avtokorrelyasiya koeffitsiyentini aniqlaymiz.

9.23- jadval

Oylar t	y_t	y_{t-2}	$y_{t-1} - y_{30/n}$	$y_{t-2} - y_{40/n}$	$(y_{t-1} - y_{30/n}) \cdot (y_{t-2} - y_{40/n})$	$(y_{t-1} - y_{30/n})^2$	$(y_{t-2} - y_{40/n})^2$
1	8,8						
2	8,6						
3	8,4	8,8	0,667	0,57	0,3778	0,444	0,3211
4	8,1	8,6	0,367	0,37	0,1344	0,134	0,1344
5	7,9	8,4	0,167	0,17	0,0278	0,028	0,0278
6	7,6	8,1	-0,13	-0,13	0,0178	0,018	0,0178
7	7,4	7,9	-0,33	-0,33	0,1111	0,111	0,1111
8	7	7,6	-0,73	-0,63	0,4644	0,538	0,4011
summa	46,4	49,4	0	0	1,1333	1,273	1,0133
o'rtacha	7,7333	8,2333					

$$\bar{y}_3 = \frac{\sum_{i=3}^8 y_i}{8-2} = \frac{8,4+8,1+7,9+7,6+7,4+7}{6} = \frac{46,4}{6} = 7,73;$$

$$\bar{y}_4 = \frac{\sum_{i=3}^8 y_i}{8-2} = \frac{8,8+8,6+8,4+8,1+7,9+7,6}{6} = \frac{49,4}{6} = 8,23.$$

$$r_{12} = \frac{\sum_{i=3}^8 (y_i - \bar{y}_3)(y_{i-2} - \bar{y}_4)}{\sqrt{\sum_{i=3}^8 (y_i - \bar{y}_3)^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=3}^8 (y_{i-2} - \bar{y}_4)^2}};$$

$$r_{12} = \frac{1,113}{\sqrt{1,273} \cdot \sqrt{1,013}} = 0,998.$$

9.4-masala. 10 oy ichida sotilgan mahsulot hajmi 9.24-jadvalda berilgan.

9.24-jadval

oy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
y_t	12	13	14	15	16	17	22	21	23	24

2.1-jadval ma'lumotlariga ko'ra

1) uchta nuqtaning o'rtacha siljishini vaqtli qator bo'yicha tekislang;

2) vaqtli qatorning chiziqli trendini hosil qiling;

3) avtokorrelatsiyaning mavjudligi yoki yo'qligini aniqlang va 11-oy uchun prognoz qiling.

Masalaning yechilishi

1) Uchta nuqtaning siljishini vaqtli qator bo'yicha tekislash

$m=1$ bo'lganda uchta nuqta bo'yicha o'rtacha siljishining formulasini aniqlaymiz:

$$y'_t = \frac{1}{3} \sum_{k=-1}^1 y_{t+k}, (1)$$

(1) formula hisoblashlarni amalga oshiramiz:

$$y'_2 = \frac{1}{3} \sum_{k=-1}^1 y_{t+k} = \frac{1}{3} (y_1 + y_2 + y_3) = \frac{1}{3} (12 + 14 + 13) = \frac{39}{3} = 13;$$

$$y'_3 = \frac{1}{3} \sum_{k=-1}^1 y_{t+k} = \frac{1}{3} (y_2 + y_3 + y_4) = \frac{1}{3} (14 + 13 + 15) = \frac{42}{3} = 14;$$

$$y'_9 = \frac{1}{3} \sum_{k=-1}^1 y_{t+k} = \frac{1}{3} (y_8 + y_9 + y_{10}) = \frac{1}{3} (21 + 23 + 24) = \frac{38}{3} = 22,67.$$

Ma'lumotlarni 9.25-jadval ko'rinishiga keltiramiz:

9.25-jadval

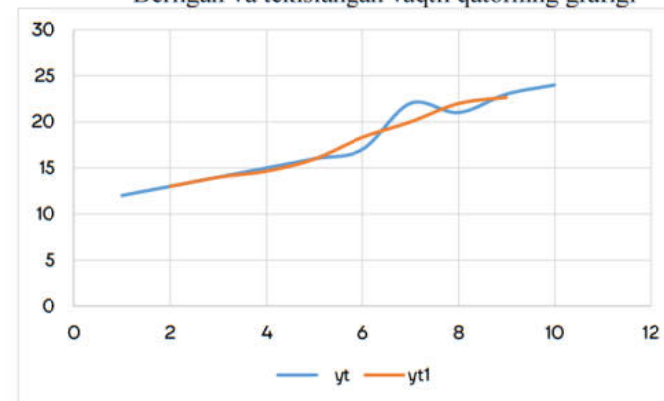
oy	y_t	y'_t
1	12,00	-
2	14,00	13,00
3	13,00	14,00
4	15,00	14,67
5	16,00	16,00
6	17,00	18,33
7	22,00	20,00
8	21,00	22,00
9	23,00	22,67
10	24,00	-

Berilgan va tekislangan vaqtli qatorni 9.36-jadvalda keltiramiz:

9.26-jadval

oy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
y_t	12	13	14	15	16	17	22	21	23	24
y'_t	-	13	14	14,67	16	18,33	20	22	22,67	-

Berilgan va tekislangan vaqtli qatorning grafigi



2. Vaqtli qatorning chiziqli trendini hosil qilish

Bog'lanish turi: $\tilde{y} = a_0 + a_1 t$ ko'rinishida izlanadi. Parametrlarni aniqlash uchun

$$a_0 = \frac{\sum t^2 \sum y_t - \sum t \sum t y_t}{N \sum t^2 - (\sum t)^2}, a_1 = \frac{N \sum t y_t - \sum t \sum y_t}{N \sum t^2 - (\sum t)^2}$$

formulalardan foydalaniladi. Buning uchun ushbu jadvani tuzamiz.
9.27-jadval

n	t	yt	t*y	y^2	t^2
1	1	12	12	144	1
2	2	14	28	196	4
3	3	13	39	169	9
4	4	15	60	225	16
5	5	16	80	256	25
6	6	17	102	289	36
7	7	22	154	484	49
8	8	21	168	441	64
9	9	23	207	529	81
10	10	24	240	576	100
yig'indi	55	177	1090	3309	385
o'rtacha	5,5	17,7	109	330,9	38,5

Bundan $n=10$;

$$\bar{t} = (\sum t) / n = 55 / 10 = 5,5;$$

$$\bar{y}_t = (\sum y_t) / n = 177 / 10 = 17,7;$$

$$a_0 = \frac{385 \cdot 177 - 1090}{10 \cdot 385 - 55^2} = \frac{8195}{8255} = 9,933 \text{ - ozod had};$$

$$a_1 = \frac{10 \cdot 1090 - 55 \cdot 177}{10 \cdot 385 - 55^2} = \frac{1165}{8255} = 1,412$$

-t ning oldidagi koeffitsiyent. Izlanayotgan trend tenglamasi

$\hat{y} = 1,412 \cdot t + 9,933$ dan iborat.

3) Avtokorrelyasiyaning mavjudligi yoki yo'qligini aniqlash

Yuqori tartibli avtokorrelyasiya koeffitsiyentini quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$r_{\tau} = \frac{\sum_{t=\tau+1}^n (y_t - \bar{y}_{1\tau})(y_{t-\tau} - \bar{y}_{2\tau})}{\sqrt{\sum_{t=\tau+1}^n (y_t - \bar{y}_{1\tau})^2} \cdot \sqrt{\sum_{t=2}^n (y_{t-\tau} - \bar{y}_{2\tau})^2}};$$

$$\bar{y}_{1\tau} = \frac{\sum_{t=\tau+1}^n y_t}{n - \tau}, \quad \bar{y}_{2\tau} = \frac{\sum_{t=2}^n y_{t-\tau}}{n - \tau}$$

1) Birinchi tartibli avtokorrelyasiya koeffitsiyentini aniqlaymiz.
Buning uchun yordamchi jadval tuzamiz.

9.28-jadval

t	yt	y(t-1)	(yt-y1)	(y(t-1)-y2)	(yt-y1)* (y(t-1)-y2)	(y(t-1)- y2)^2	(y(t-1)- y2)^2
1	12						
2	14	12	-4,33	-5	-52,00	18,78	25
3	13	14	-5,33	-3	-74,67	28,44	9
4	15	13	-3,33	-4	-43,33	11,11	16
5	16	15	-2,33	-2	-35,00	5,44	4
6	17	16	-1,33	-1	-21,33	1,78	1
7	22	17	3,67	0	62,33	13,44	0
8	21	22	2,67	5	58,67	7,11	25
9	23	21	4,67	4	98,00	21,78	16
10	24	23	5,67	6	130,33	32,11	36
yig'indi	165,00	153,00	0	0	123,00	140,00	132,00
o'rtacha	18,33	17,00	0	0	13,67	15,56	14,67

1-tartibli avtokorrelyasiya quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$r_1 = \frac{\sum_{t=2}^{10} (y_t - \bar{y}_1)(y_{t-1} - \bar{y}_2)}{\sqrt{\sum_{t=2}^{10} (y_t - \bar{y}_1)^2} \cdot \sqrt{\sum_{t=2}^{10} (y_{t-1} - \bar{y}_2)^2}};$$

bu yerda

$$\bar{y}_t = \frac{\sum_{t=2}^8 y_t}{n-1} = \frac{14+13+15+16+17+22+21+23+24}{9} = \frac{165}{9} = 18,334;$$

$$\bar{y}_1 = \frac{\sum_{t=2}^8 y_t}{n-1} = \frac{12+14+13+15+16+17+22+21+23}{9} = \frac{165}{9} = 18,334;$$

1-tartibli avtokorrelyasiya

$$r_1 = \frac{123}{\sqrt{140} \cdot \sqrt{132}} = 0,9048.$$

Ikkinchi tartibli avtokorrelyasiya koeffitsiyentini aniqlaymiz.

$$r_{12} = \frac{\sum_{t=3}^8 (y_t - \bar{y}_3)(y_{t-2} - \bar{y}_4)}{\sqrt{\sum_{t=3}^8 (y_t - \bar{y}_3)^2} \cdot \sqrt{\sum_{t=2}^8 (y_{t-2} - \bar{y}_4)^2}};$$

9.29-jadval

t. oylar	Y _t	Y _{t-2}	Y _{t-1} - y _{3o'rt}	Y _{t-2} - Y _{4o'rt}	(Y _{t-2} -Y _{3o'rt})· (Y _{t-1} - Y _{4o'rt})	(Y _t - Y _{3o'rt}) ²	(Y _{t-2} - Y _{4o'rt}) ²
1	12						
2	14						
3	13	14	-5.88	-3.63	21.30	34.52	13.14
4	15	13	-3.88	-4.63	17.92	15.02	21.39
5	16	15	-2.88	-2.63	7.55	8.27	6.89
6	17	16	-1.88	-1.63	3.05	3.52	2.64
7	22	17	3.13	-0.63	-1.95	9.77	0.39
8	21	22	2.13	4.38	9.30	4.52	19.14
9	23	21	4.13	3.38	13.92	17.02	11.39
10	24	23	5.13	5.38	27.55	26.27	28.89
yig'indi	151.00	141.00	0.00	0.00	98.63	118.88	103.88
o'rtacha	18.88	17.63	0.00	0.00	12.33	14.86	12.98

Hisoblashlarni bajaramiz:

$$\bar{y}_3 = \frac{\sum_{t=3}^{10} y_t}{10-2} = \frac{13+15+16+17+22+21+23+24}{8} = \frac{151}{8} = 18,88;$$

$$\bar{y}_4 = \frac{\sum_{t=3}^{10} y_{t-1}}{8-2} = \frac{14+13+15+16+17+22+21+23}{8} = \frac{111}{8} = 17,63;$$

2-tartibli avtokorrelyasiya

$$r_2 = \frac{98}{\sqrt{118,88} \cdot \sqrt{103,88}} = 0,8875.$$

Avtokorrelyasiya koeffitsiyentlarining I, II va hokazo tartibi ajratiladi. Avtokorrelyasiya koeffitsiyentining tartibi vaqt lagiga bog'liq. Eng katta lag 1/4 dan katta bo'lmasligi lozim.

Siklik avtokorrelyasiya koeffitsiyenti quyidagi shaklga ega:

$$r_l = \frac{\sum_{t=1}^n y_t \cdot y_{t+l} - \frac{\left(\sum_{t=1}^n y_t\right)^2}{n}}{\sum_{t=1}^n y_t^2 - \frac{\left(\sum_{t=1}^n y_t\right)^2}{n}}$$

Avtokorrelyasiya koeffitsiyentlarining I, II va hokazo tartibi ajratiladi. Avtokorrelyasiya koeffitsiyentining tartibi vaqt lagiga bog'liq. Eng katta lag (n/4)¹ dan katta bo'lmasligi lozim.

Avtokorrelyasiya koeffitsiyenti ikkita muhim xususiyatga ega hisoblanadi. Avtokorrelyasiya koeffitsiyenti qatorning joriy va oldingi darajalari chiziqli (yoki chiziqligiga yaqin) bog'liqlikning mavjudligi haqida mulohaza yuritish imkonini beradi, chunki korrelyasiyaning chiziqli koeffitsiyentiga o'xshashligi asosida tuziladi. Avtokorrelyasiya koeffitsiyentining belgisi qator darajalaridagi tendensiyaning ortishi yoki kamayishi haqida mulohaza yuritish imkonini bermaydi, chunki ko'pincha Vaqtli qatorlarning avtokorrelyasiyasi musbat.

Avtokorrelyasiya koeffitsiyentlari qator tarkibini tavsiflash va unda avtokorrelyasiya (qatorning joriy va oldingi darajalari o'rtasidagi bog'liqlik) eng yuqori bo'lgan lagni aniqlash uchun keng qo'llaniladi. Mazkur holatda korrelogramma tuziladi.

Korrelogramma — bu avtokorrelyasiya koeffitsiyenti qiymatlarining lag miqdorining qiymatlariga bog'liqligi grafigi. Qator tarkibi haqida mulohaza yuritish imkonini beradi.

Avtokorrelyasiya koeffitsiyenti qiymatlarining talqini (qator tarkibi) quyidagilardan iborat:

1) agar I tartib avtokorrelyasiya koeffitsiyenti eng yuqori bo'lib chiqsa, u holda qator faqat tendensiya ega bo'ladi.

2) agar II, III va hokazo tartib avtokorrelyasiya koeffitsiyenti eng yuqori bo'lib chiqsa, u holda qator tegishli (ikki, uch va hokazo) vaqt davriga ega siklik (davriy) o'zgarib turishlarga ega bo'ladi.

3) agar avtokorrelyasiyaning barcha koeffitsiyentlari yuqori bo'lmasa, u holda quyidagi ikkita vaziyatdan biri o'rin tutadi:

- qator kuchli chiziqsiz tendensiya ega;
- qator tendensiya va siklik (davriy) o'zgarib turishlarga ega emas.

9.5-masala. Jadval.1.ma'lumotlariga asosan korrelyatsion va regression tahlil o'tkazilsin. Ishlab chiqarish xom-oshiyosi bilan detal ishlab chiqarilishi orasidagi bog'lanish berilgan.

9.30- jadval

x	23	15	28	29	30	40	44	47	25	29	34	43
y	120	145	124	120	165	186	201	196	105	145	156	185

2.1-jadval ma'lumotlariga ko'ra

1) **bog'lanish turi:** $\tilde{y} = a_0 + a_1 x$;

2) korrelyatsiya koeffitsiyenti aniqlan;

3) Darbun-Uatson mezon bo'yicha avtokorrelyatsiya mavjudligi yoki mavjud emasligini tekshirish qiling.

Masalaning yechilishi. 1. Hisoblashlarni amalga oshirish yordamchi javal asosida bajarilsin.

1. Bog'lanish turi: $\tilde{y} = a_0 + a_1x$ ko'rinishida izlanadi.

9.31-jadval

x va y ma'lumotlari asosida korrelyatsiya koeffitsiyenti va regressiya tenglamasi aniqlanadi					
n	x	y	x ²	y ²	x·y
1	23	120	529	14400	2760
2	15	145	225	21025	2175
3	28	124	784	15376	3472
4	29	120	841	14400	3480
5	30	165	900	27225	4950
6	40	186	1600	34596	7440
7	44	201	1936	40401	8844
8	47	196	2209	38416	9212
9	25	105	625	11025	2625
10	29	145	841	21025	4205
11	34	156	1156	24336	5304
12	43	185	1849	34225	7955
Yig'indi	387	1848	13495	296450	62422

n=12.

$$\bar{x} = (\sum x) / n = 387 / 12 = 32,25;$$

$$\bar{y} = (\sum y) / n = 1848 / 12 = 154;$$

$$a_1 = \frac{N \sum xy - \sum x \sum y}{N \sum x^2 - (\sum x)^2}; a_1 = \frac{12 \cdot 62422 - 387 \cdot 1848}{12 \cdot 13495 - 387^2} = 2,78$$

-x ning oldidagi koeffitsiyent;

$$a_0 = \frac{\sum x^2 \sum y - \sum x \sum xy}{N \sum x^2 - (\sum x)^2}, a_0 = \frac{13495 \cdot 1848 - 387 \cdot 62422}{12 \cdot 13495 - 387^2} = 64,21$$

- ozod had;

Izlanayotgan regressiya tenglamasi $\tilde{y} = 2,78 \cdot x + 64,21$ dan iborat.

2. Korrelyatsiya koeffitsiyenti aniqlanadi:

Korrelyatsiya koeffitsiyenti quyidagi formuladan topiladi:

$$r = \frac{n \cdot \sum xy - \sum x \cdot \sum y}{\sqrt{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2} \cdot \sqrt{n \cdot \sum y^2 - (\sum y)^2}};$$

$$\text{Demak, } r = \frac{12 \cdot 62422 - 387 \cdot 1848}{\sqrt{12 \cdot 13495 - 387^2} \cdot \sqrt{12 \cdot 296450 - 1848^2}} = 0,8143.$$

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.

3. Darbun-Uatson mezon bo'yicha avtokorrelyatsiya mavjudligi yoki mavjud emasligini tekshirish uchun qoldiqlarning avtokorrelyatsiyasi tekshiriladi. Avtokorrelyatsiyaning mavjudligi bir necha qadamlarda tekshiriladi. Tekshirish 0-4 oraliq bo'yicha bir nechta qismlarda tekshiriladi.

9.32-jadval

O	Musbat avtokorrelyatsiya	DW1	Aniqmaslik sohasi	DW2	Avtokorrelyatsiya mavjud emas	4-DW2	Aniqmaslik sohasi	4-DW1	Musbat avtokorrelyatsiya	4
---	--------------------------	-----	-------------------	-----	-------------------------------	-------	-------------------	-------	--------------------------	---

1-qadam. Darbin-Uatson formulasi

$$DW = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2},$$

bo'yicha hisoblashlarni amalga oshiramiz. DW ning qiymatlari 0-4 oraliqqa tegishli bo'lishi mumkin.

2-qadam. Yordamchi jadval tuzib DW ni aniqlaymiz.

9.33-jadval

n	et	et ²	e _t -e _{t-1}	(e _t -e _{t-1}) ²
1	-8,245008627	67,98017	-	-
2	39,02957851	1523,308	47,27459	2234,886589
3	-18,16662559	330,0263	-57,1962	3271,405762
4	-24,95094898	622,5499	-6,78432	46,02704388
5	17,26472763	298,0708	42,21568	1782,163351
6	10,42149371	108,6075	-6,84323	46,82985044
7	14,28420015	204,0384	3,862706	14,92050099
8	0,931229973	0,867189	-13,353	178,3018125
9	-28,81365541	830,2267	-29,7449	884,7582065
10	0,049051023	0,002406	28,86271	833,0558227
11	-2,872565935	8,251635	-2,92162	8,535845651
13	1,06852354	1,141743	3,941089	15,53218625
Yig'indi		3995,071		9316,416971

2.4-jadval ma'lumotlariga ko'ra $DW = \frac{9316,42}{3995,07} = 2,33$

ekanligi kelib chiqdi. Ilovadagi Darbun-Uatson jadvalida ko'zlatishlar soni 12 ta va rarametrlar soni 1 ta ekanligidan $DW_1=0,971$; $DW_2=1,32$; 4- $DW_2=2,68$; 4- $DW_1=3,029$ nuqtalarni aniqladik. Bu ma'lumotlar ososida quyidagi 1-chizmani yasaymiz:

Darbun-Uatson mezon asosida tuzilgan oraliqlar

9.34-jadval

	Musbat avtokorrelyasiya	DW1	Aniqmaslik sohasi	DW2	Avtokorrelyasiya mavjud emas	4-DW2	Aniqmaslik sohasi	4-DW1	Manfiy avtokorrelyasiya	4
0		0,971		1,32	2,33	2,68		3,029		4

1-chizma. Darbun-Uatson mezon asosida tuzilgan oraliqlar

Darbun-Uatson mezon asosida tuzilgan oraliqlarga ko'ra avtokorrelyasiya mavjud emas.

Bajarish uchun topshiriqlar

9.6-masala. 9.2-jadval ma'lumotlariga ishlab chiqarish xom-oshyosi bilan detal ishlab chiqarilishi orasidagi bog'lanish berilgan.

9.35- jadval

x	25	24	28	29	35	43	47	52	28	30	38	44
y	126	148	127	124	167	186	199	200	106	148	155	195

Quyidagilarni

- 1) regressiya tenglamasini aniqlang;
- 2) korrelyasiya koeffitsiyentini toping;
- 3) Darbun-Uatson mezon bo'yicha avtokorrelyasiya mavjudligi yoki mavjud emasligini tekshirish.

9.7-masala. 8 oylik ishsizlik darajasi berilgan.

9.2- jadval

oylar	1	2	3	4	4	6	7	8
Y _t	18,8	18,6	18,4	18,1	17,9	17,6	27,4	27

1) birinchi va ikkinchi tartibli avtokorrelyasiya koeffitsiyentini aniqlang;

2) trendni tanlang va uning parametrlarini aniqlang.

9.8-masala. 10 oy ichida sotilgan mahsulot hajmi 2.1-jadvalda berilgan.

2.1-jadval

oy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
y _t	16	14	18	21	26	27	22	21	33	34

2.1-jadval ma'lumotlariga ko'ra

- 1) uchta nuqtaning o'rtacha siljishini vaqtli qator bo'yicha tekislang;
- 2) vaqtli qatorning chiziqli trendini hosil qiling;
- 3) avtokorrelyasiyaning mavjudligi yoki yo'qligini aniqlang va 11-oy uchun prognoz qiling.

9.9-masala. Jadval.1.ma'lumotlariga asosan korrelyatsion va regression tahlil o'tkazilsin. Ishlab chiqarish xom-oshyosi bilan detal ishlab chiqarilishi orasidagi bog'lanish berilgan.

2.1- jadval

x	33	25	38	39	40	50	44	57	35	49	44	53
y	220	245	224	220	265	286	301	296	205	245	256	285

2.1-jadval ma'lumotlariga ko'ra

- 1) **bog'lanish turi:** $\tilde{y} = a_0 + a_1x$;
- 2) **korrelyatsiya koeffitsiyenti** aniqlan;
- 3) **Darbun-Uatson mezon**i bo'yicha avtokorrelyatsiya mavjudligi yoki mavjud emasligini tekshirish qiling.

Muhokama uchun savollar

1. *Dinamik qatorlarning qanday turlarini bilasiz? Ular bir-biridan qanday jihatlari bilan farq qiladi?*
2. *Moment (on, payt) va davr deganda nimani tushunasiz?*
3. *Dinamik qatorlar variatsion qatorlardan qanday xususiyatlari va alomatlari bilan farq qiladi?*
4. *Korrelyatsiya koeffitsiyenti va tebranuvchanlik tushunchalari ayniyatmi? 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 qatorlarni tahlil qilishda qanday ko'rsatkichlar hisoblanadi?*
16. *Avtokorrelyatsiya nima va u qanday tahlil qilinadi?*
17. *Dinamik qatorlarda korrelyatsion-regression tahlil usullarini qo'llash shart-sharoitlarini tushuntirib bering?*
18. *Korrelyatsion-regression tahlil natijalari asosida istiqbollar qanday tartibda aniqlanadi?*



Odatda iqtisodiy ko'rsatkichlar o'zaro bog'langan bo'li-shadi. Bunday ko'rsatkichlar (o'zgaruvchilar) o'rtasidagi muno-sabatlar tarkibi bir vaqtli tenglamalar tizimi yordamida ko'rsatilishi mumkin. Mazkur tenglamalarda quyidagi turdagi o'zgaruvchilar mavjud bo'ladi:

- **endogen**, tizim ichida aniqlanuvchi, bog'liqli y o'zgaruvchilar;
- **ekzogen**, qiymati tashqaridan beriladigan, boshqariladigan, bashoratlanuvchi, ta'sir etuvchi x o'zgaruvchilar;
- **oldindan belgilangan** o'zgaruvchilar, ham joriy vaqtdagi ekzogen o'zgaruvchilarni, ham lag o'zgaruvchilar (o'tgan davrlar uchun ekzogen va endogen o'zgaruvchilar)ni o'z ichiga oladigan.

Ekonometrik tizimlarning quyidagi turlari ajratiladi.

Bog'liq bo'lmagan tenglamalar tizimi. bunda har bir bog'liq o'zgaruvchi $y_i (i=1, \dots, n)$, bog'liq bo'lmagan bir xil to'plam o'zgaruvchilar $x_j (j=1, \dots, m)$ larning funksiyasi sifatida beriladi:

$$\begin{cases} y_1 = a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \dots + a_{1m}x_m + \varepsilon_1 \\ y_2 = a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + \dots + a_{2m}x_m + \varepsilon_2 \\ y_3 = a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + a_{33}x_3 + \dots + a_{3m}x_m + \varepsilon_3 \\ \vdots \\ y_n = a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + a_{n3}x_3 + \dots + a_{nm}x_m + \varepsilon_n \end{cases}, \quad (10.1)$$

Mazkur tizimining har bir tenglamasini regressiya tenglamasi sifatida mustaqil qaralishi mumkin. Unga ozod hadlar kiritilishi mumkin va regressiya koeffitsientlari eng kichik kvadratlar (EKK) usuli yordamida topilishi mumkin.

Rekursiv tenglamalar tizimi. bunda bog'liq o'zgaruvchilar $y_i (i=1, \dots, n)$, bog'liq bo'lmagan o'zgaruvchilar $x_j (j=1, \dots, m)$ larning va oldin aniqlangan bog'liq o'zgaruvchilar $y_1, y_2, \dots, y_{i-1}$ larning funksiyasi sifatida ko'rsatiladi:

$$\begin{cases} y_1 = a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \dots + a_{1m}x_m + \varepsilon_1 \\ y_2 = b_{21}y_1 + a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + \dots + a_{2m}x_m + \varepsilon_2 \\ y_3 = b_{31}y_1 + b_{32}y_2 + a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + a_{33}x_3 + \dots + a_{3m}x_m + \varepsilon_3 \\ \vdots \\ y_n = b_{n1}y_1 + b_{n2}y_2 + \dots + b_{n,n-1}y_{n-1} + a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + a_{n3}x_3 + \dots + a_{nm}x_m + \varepsilon_n \end{cases}, \quad (10.2)$$

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

O'zaro bog'liq tenglamalar tizimi, bunda har bir bog'liq o'zgaruvchi y_i ($i=2, \dots, n$) boshqa bog'liq o'zgaruvchilar y_k ($k \neq i$) va bog'liq bo'lmagan o'zgaruvchilar x_j ($j=1, \dots, m$)ning funksiyasi sifatida keltirilgan:

$$\begin{cases} y_1 = b_{12}y_2 + b_{13}y_3 + \dots + b_{1,n-1}y_{n-1} + a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \dots + a_{1m}x_m + \varepsilon_1 \\ y_2 = b_{21}y_1 + b_{23}y_3 + \dots + b_{2,n-1}y_{n-1} + a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + \dots + a_{2m}x_m + \varepsilon_2 \\ y_3 = b_{31}y_1 + b_{32}y_2 + \dots + b_{3,n-1}y_{n-1} + a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + a_{33}x_3 + \dots + a_{3m}x_m + \varepsilon_3 \\ \dots \\ y_n = b_{n1}y_1 + b_{n2}y_2 + \dots + b_{n,n-1}y_{n-1} + a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + a_{n3}x_3 + \dots + a_{nm}x_m + \varepsilon_n \end{cases}, \quad (10.3)$$

Bu tizim eng ko'p tarqalgan bo'lib, birlashgan, bir vaqtli tenglamalar tizimi nomi bilan ataladi. Uni **tarkibiy model shakli** (TMSH) deb ham atashadi.

TMSH o'zgaruvchilarning ba'zi koeffitsientlari nolga teng bo'lishi mumkin, bu holat mazkur o'zgaruvchilarning tenglamada mavjud bo'lmashligini bildiradi. Masalan, narx va ish haqi dinamikasi modeli TMSH ko'rinishida yoritilishi mumkin:

$$\begin{cases} y_1 = b_{12}y_2 + a_{11}x_1 + \varepsilon_1 \\ y_2 = b_{21}y_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + \varepsilon_2 \end{cases}, \quad (10.4)$$

bunda y_1 —ish haqi o'zgarishi tempi;

y_2 —narxlar o'zgarishi tempi;

x_1 —ishsizlar foizi;

x_2 —doimiy kapital o'zgarishi tempi;

x_3 —xom ashyo importi narxlarining o'zgarish tempi.

Ikkita tenglamadan tashkil topgan mazkur tizim ikkita bog'liq, endogen (y_1, y_2) va uchta bog'liq bo'lmagan, ekzogen (x_1, x_2, x_3) o'zgaruvchilardan iborat. Birinchi tenglamada x_2 va x_3 o'zgaruvchilari mavjud emas. Bu koeffitsientlar $a_{12}=0$ va $a_{13}=0$ ekanligini bildiradi.

Ikkita tenglamadan tashkil topgan mazkur tizim ikkita bog'liq, endogen (y_1, y_2) va uchta bog'liq bo'lmagan, ekzogen (x_1, x_2) o'zgaruvchilardan iborat. Birinchi tenglamada x_2 va x_3 o'zgaruvchilari mavjud emas. Bu koeffitsientlar $a_{12}=0$ va $a_{13}=0$ ekanligini bildiradi.

10.2. EKONOMETRIK TENGLAMLAR TIZIMI PARAMETRLARINI HISOBLASH USLUBIYOTI

Ekonometrik tenglamalar tizimi parametrlarini yuqorida keltirilgan "Eng kichik kvadratlar" usuli yordamida hisoblash mumkin.

Ekonometrik tizimlar bo'yicha prognozlash uchun ketma-ket bir nechta bosqichlardan o'tish lozim:

1. Berilgan ma'lumotlar asosida korrelyatsion tahlil o'tkaziladi:

a) xususiy korrelyatsiya koeffitsiyentlar matrisasi hisoblanadi;

b) juft korrelyatsiya koeffitsiyentlari matrisasi hisoblanadi.

2. Korrelyatsion tahlil natijasida tanlangan omillar asosida regressiya tenglamasi tuziladi;

3. Tuzilgan tenglamalar tizimi quyidagi mezonlar bo'yicha baholanadi:

a) Fisher mezon;

b) Student mezon;

c) Darbin-Uotson mezon;

d) Ko'plik korrelyatsiya koeffitsiyenti;

e) Determinatsiya koeffitsiyenti;

f) Approksimatsiya xatoligi.

4. Tuzilgan tenglamalar tizimi mezonlar bo'yicha mos kelsa, keyin asosiy ko'rsatkich tenglama asosida prognoz davri hisoblanadi.

5. Ishlab chiqarish funksiyasini asosiy xususiyatlarini quyidagilar hisoblaydi:

a) o'rtacha unumdorlik omillari;

b) chegaraviy unumdorlik omillari;

c) resurslar bo'yicha elastiklik koeffitsiyentlari;

d) resurslarga talab;

e) resurslarni almashtirish chegaralari.

Tarkibiy modelni koeffitsiyentlarini baholashda bir qator usullar qo'llaniladi.

Aniq identifikatsiyalanadigan tarkibiy modelda qo'llanadigan bilvosita eng kichik kvadratlar usulini (BEKK) ko'rib chiqamiz.

10.1-masala. Mazkur usulni ikkita endogen va ikkita ekzogen ko'rsatkichlardan iborat bo'lgan quyidagi identifikatsiyalanadigan model misolida ko'rib chiqamiz:

$$\begin{cases} y_1 = b_{12}y_2 + a_{11}x_1 \\ y_2 = b_{21}y_1 + a_{22}x_2 \end{cases}, \quad (10.5)$$

Yechish. (10.5) tenglamalar tizimining 1-tenglamasidan y_1 topiladi:

$$\begin{aligned} y_1 &= b_{12}y_2 + a_{11}x_1; \quad b_{12}y_2 = y_1 - a_{11}x_1; \\ y_2 &= \frac{1}{b_{12}}y_1 - \frac{a_{11}}{b_{12}}x_1, \end{aligned} \quad (10.6)$$

Topilgan y_2 ni (10.6) formulani (10.5) tenglamalar tizimining 2-tenglamasiga qo'yiladi:

$$\begin{aligned} \frac{1}{b_{12}}y_1 - \frac{a_{11}}{b_{12}}x_1 &= b_{21}y_1 + a_{22}x_2; \quad \frac{1}{b_{12}}y_1 - b_{21}y_1 = \frac{a_{11}}{b_{12}}x_1 + a_{22}x_2; \\ \frac{1-b_{21}}{b_{12}}y_1 &= \frac{a_{11}}{b_{12}}x_1 + a_{22}x_2; \quad (1-b_{21})y_1 = a_{11}x_1 + b_{12}a_{22}x_2; \\ y_1 &= \frac{a_{11}}{1-b_{12}b_{21}}x_1 + \frac{b_{12}a_{22}}{1-b_{12}b_{21}}x_2, \end{aligned} \quad (10.7)$$

(10.7) dagi y_1 (10.6) formulaga qo'yiladi:

$$y_2 = \frac{1}{b_{12}} \left(\frac{a_{11}}{1-b_{12}b_{21}} x_1 + \frac{b_{12}a_{22}}{1-b_{12}b_{21}} x_2 \right) - \frac{a_{11}}{b_{12}} x_1;$$

$$y_2 = \frac{a_{11}}{b_{12}(1-b_{12}b_{21})} x_1 - \frac{a_{11}}{b_{12}} x_1 + \frac{b_{12}a_{22}}{b_{12}(1-b_{12}b_{21})} x_2;$$

$$y_2 = \frac{a_{11}-a_{11}(1-b_{12}b_{21})}{b_{12}(1-b_{12}b_{21})} x_1 + \frac{b_{12}a_{22}}{b_{12}(1-b_{12}b_{21})} x_2;$$

$$y_2 = \frac{a_{11}-a_{11}+a_{11}b_{12}b_{21}}{b_{12}(1-b_{12}b_{21})} x_1 + \frac{b_{12}a_{22}}{b_{12}(1-b_{12}b_{21})} x_2;$$

$$y_2 = \frac{a_{11}b_{12}b_{21}}{b_{12}(1-b_{12}b_{21})} x_1 + \frac{b_{12}a_{22}}{b_{12}(1-b_{12}b_{21})} x_2;$$

$$y_2 = \frac{a_{11}b_{21}}{1-b_{12}b_{21}} x_1 + \frac{a_{22}}{1-b_{12}b_{21}} x_2, \quad (10.8)$$

(10.7) va (10.8) tenglamalardan keltirilgan model hosil qilinadi;

$$\begin{cases} y_1 = \frac{a_{11}}{1-b_{12}b_{21}} x_1 + \frac{b_{12}a_{22}}{1-b_{12}b_{21}} x_2 \\ y_2 = \frac{a_{11}b_{21}}{1-b_{12}b_{21}} x_1 + \frac{a_{22}}{1-b_{12}b_{21}} x_2 \end{cases}, \quad (10.9)$$

Bunda $\delta_{11} = \frac{a_{11}}{1-b_{12}b_{21}}; \delta_{12} = \frac{b_{12}a_{22}}{1-b_{12}b_{21}}; \delta_{21} = \frac{a_{11}b_{21}}{1-b_{12}b_{21}}; \delta_{22} = \frac{a_{22}}{1-b_{12}b_{21}}.$

Keltirilgan model quyidagi ko'rinishga ega bo'ldi:

$$\begin{cases} y_1 = \delta_{11}x_1 + \delta_{12}x_2 \\ y_2 = \delta_{21}x_1 + \delta_{22}x_2 \end{cases}$$

Bunda $\delta_{11} = \frac{a_{11}}{1-b_{12}b_{21}}; \delta_{12} = \frac{b_{12}a_{22}}{1-b_{12}b_{21}}; \delta_{21} = \frac{a_{11}b_{21}}{1-b_{12}b_{21}}; \delta_{22} = \frac{a_{22}}{1-b_{12}b_{21}}.$

10.2-masala. Quyidagi 1-jadval ma'lumotlarga asosan tarkibli model shakli tuzilsin.

n	y ₁	y ₂	x ₁	x ₂
1	45	38	10	11
2	48	50	12	16
3	53	42	13	14
4	55	46	12	16
5	50	37	10	12
6	54	45	11	16

bunda y_1 —ish haqi o'zgarishi tempi; y_2 —narxlar o'zgarishi tempi;
 x_1 —ishsizlar foizi; x_2 —doimiy kapital o'zgarishi tempi.

Quyidagilar amalga oshirilsin:

1. Tekshirilayotgan model tarkibli model shaklga o'tkazilsin.
2. Keltirilgan model uchun δ_{ij} koeffitsiyentlar "«Eng kichik kvadratlar usuli» ning mezonlari bilan parametrlar aniqlansin.
3. Keltirilgan model oddiy parametrlari o'zaro bog'langan tenglamalar tizimiga o'tkazilsin.

Yechish

Bilvosita «Eng kichik kvadratlar usuli» identifikatsiyalashgan model uchun quyidagicha amalga oshiriladi:

1. Tekshirilayotgan model ko'rsatilgan shaklga o'tkaziladi.
2. Keltirilgan model uchun δ_{ij} koeffitsiyentlar "«Eng kichik kvadratlar usuli» ning mezonlari bilan baholanadi.
3. Keltirilgan model oddiy parametrlari shaklga o'tkaziladi.

Bilvosita «Eng kichik kvadratlar usuli»ni identifikatsiyalashgan model uchun qo'llaymiz:

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

Quyidagi jadval asosida model quramiz:

10.2-jadval

n	y ₁	y ₂	x ₁	x ₂
1	45	38	10	11
2	48	50	12	16
3	53	42	13	14
4	55	46	12	16
5	50	37	10	12
6	54	45	11	16
Yig'indi	305	258	68	85
O'rtacha qiymat	50.83	43	11.33	14.17

Keltirilgan model quyidagi ko'rinishga ega:

$$\begin{cases} y_1 = \delta_{11}x_1 + \delta_{12}x_2 + u_1 \\ y_2 = \delta_{21}x_1 + \delta_{22}x_2 + u_2 \end{cases}$$

bu yerda u_1, u_2 — keltirilgan metodning tasodifiy xatolari.

Har bir keltirilgan model uchun odatdagi "Eng kichik kvadratlar usuli" ni qo'llaymiz va δ koeffitsiyentlarni aniqlaymiz.

Ushbu $y_1 = \delta_{11}x_1 + \delta_{12}x_2 + u_1$ tenglamaga ko'ra 1-jadval asosida ma'lumotlar asosida normal tenglamalar sistemasinin hosil qilamiz:

$$\begin{cases} \delta_{11} \sum x_1^2 + \delta_{12} \sum x_1x_2 = \sum y_1x_1 \\ \delta_{11} \sum x_1x_2 + \delta_{12} \sum x_2^2 = \sum y_1x_2 \end{cases}$$

bundan

$$\delta_{11} = \frac{\sum y_1x_1 \cdot \sum x_2^2 - \sum y_1x_2 \cdot \sum x_1x_2}{\sum x_1^2 \cdot \sum x_2^2 - (\sum x_1x_2)^2};$$

$$\delta_{12} = \frac{\sum x_1^2 \cdot \sum y_1x_2 - \sum x_1x_2 \cdot \sum y_1x_1}{\sum x_1^2 \cdot \sum x_2^2 - (\sum x_1x_2)^2}.$$

Usulni soddalashtirish uchun $y = y - \bar{y}$ va $x = x - \bar{x}$ chetlashishlardan foydalanamiz:

$$\begin{cases} 7,3 \cdot \delta_{11} + 8,6 \cdot \delta_{12} = 12,3 \\ 8,7 \cdot \delta_{11} + 24,8 \cdot \delta_{12} = 28,2 \end{cases}$$

Yordamchi jadval asosida ma'lumotlarni hisoblaymiz:

10.3-jadval.

n	y _i	x _i	x ₂	x ₁ ·x ₂	x ₁ ²	x ₂ ²	x ₁ ·y _i	x ₂ ·y _i
1	-5,83	-1,33	-3,17	4,22	1,78	10,03	7,78	18,47
2	-2,83	0,67	1,83	1,22	0,44	3,36	-1,89	-5,19
3	2,17	1,67	-0,17	-0,28	2,78	0,03	3,61	-0,36
4	4,17	0,67	1,83	1,22	0,44	3,36	2,78	7,64
5	-0,83	-1,33	-2,17	2,89	1,78	4,69	1,11	1,81
6	3,17	-0,33	1,83	-0,61	0,11	3,36	-1,06	5,81
Yig'indi				8,67	7,33	24,83	12,33	28,17

Tenglamalar sistemasining yechimini topamiz:

$$\delta_{11} = \frac{62,17}{107} = 0,5809,$$

$$\delta_{12} = \frac{99,7}{107} = 0,9315.$$

Izlanayotgan model $y_1 = 0,5809x_1 + 0,9315x_2 + u_1$ (10.10) dan iborat bo'ldi.

Endi y_2 uchun yordamchi jadval asosida ma'lumotlarni hisoblaymiz:

10.4-jadval.

n	y ₂	x ₁	x ₂	x ₁ ·x ₂	x ₁ ²	x ₂ ²	x ₁ ·y ₂	x ₂ ·y ₂
1	-5,00	-1,33	-3,17	4,22	1,78	10,03	6,67	15,83
2	7,00	0,67	1,83	1,22	0,44	3,36	4,67	12,83
3	-1,00	1,67	-0,17	-0,28	2,78	0,03	-1,67	0,17
4	3,00	0,67	1,83	1,22	0,44	3,36	2,00	5,50
5	-6,00	-1,33	-2,17	2,89	1,78	4,69	8,00	13,00
6	2,00	-0,33	1,83	-0,61	0,11	3,36	-0,67	3,67
Yig'indi				8,67	7,33	24,83	19,00	51,00

Ushbu $y_2 = \delta_{21}x_1 + \delta_{22}x_2 + u_2$ tenglamaga ko'ra 4-jadval asosida ma'lumotlar asosida normal tenglamalar sistemasini hosil qilamiz:

$$\begin{cases} 7,3 \cdot \delta_{21} + 8,6 \cdot \delta_{22} = 19 \\ 8,7 \cdot \delta_{21} + 24,8 \cdot \delta_{22} = 51 \end{cases}$$

Tenglamalar sistemasini Kramer usuli bilan yechamiz:

$$\delta_{21} = \frac{\sum y_2 x_1 \cdot \sum x_2^2 - \sum y_2 x_2 \cdot \sum x_1 x_2}{\sum x_1^2 \cdot \sum x_2^2 - (\sum x_1 x_2)^2};$$

$$\delta_{22} = \frac{\sum x_1^2 \cdot \sum y_2 x_2 - \sum x_1 x_2 \cdot \sum y_2 x_1}{\sum x_1^2 \cdot \sum x_2^2 - (\sum x_1 x_2)^2}.$$

Tenglamalar sistemasining yechimini topamiz:

$$\delta_{11} = \frac{29,8}{107} = 0,2788,$$

$$\delta_{12} = \frac{209,3}{107} = 1,9564.$$

Izlanayotgan model $y_2 = 0,2788x_1 + 1,9564x_2 + u_2$ (10.11) dan iborat bo'ldi.

Dastlabki tenglamalar tizimini yaratamiz:

$$\begin{cases} y_1 = 0,5809x_1 + 0,9315x_2 \\ y_2 = 0,2788x_1 + 1,9564x_2 \end{cases}, (10.12)$$

(10.12) tizimning 1-tenglamasidan x_1 ni topamiz:

$$x_1 = 1,72y_1 - 1,6x_2$$

x_1 ni (10.12) tizimning 2-tenglamasiga qo'yib, ixchamlaymiz:

$$y_2 = 0,28 \cdot (1,72y_1 - 1,6x_2) + 1,96x_2 = 0,48y_1 + 1,5x_2, (10.13)$$

(10.12) tenglamaning 2-tenglamasidan x_2 ni topamiz:

$$x_2 = 0,51y_2 - 0,14x_1$$

x_2 ni (10.12) tizimning 1-tenglamasiga qo'yib, ixchamlaymiz:

$$y_1 = 0,58x_1 + 0,93 \cdot (0,51y_2 - 0,14x_1) = 0,48y_2 + 0,45x_1$$

Endi (10.12) va (10.10) tenglamadan yangi tizim hosil qilamiz:

$$\begin{cases} y_1 = 0,48y_2 + 0,45x_1 \\ y_2 = 0,48y_1 + 1,5x_2 \end{cases}, (10.14)$$

(10.14) sistemasining ozod hadlarini topamiz:

$$A_{01} = \bar{y}_1 - b_{12}\bar{y}_2 - a_{11}\bar{x}_1 = 50,8 - 0,48 \cdot 43 - 0,45 \cdot 11,3 = 25,28;$$

$$A_{02} = \bar{y}_2 - b_{21}\bar{y}_1 - a_{22}\bar{x}_2 = 43 - 0,48 \cdot 50,8 - 1,5 \cdot 14,2 = -2,78.$$

Shunday qilib,

$$\begin{cases} y_1 = 0,48y_2 + 0,45x_1 + 25,28 \\ y_2 = 0,48y_1 + 1,5x_2 - 2,78 \end{cases}, (10.15)$$

hosil bo'ldi.

10.3. EKONOMETRIK TENGLAMALAR TIZIMINI IDENTIFIKASIYALASH MUAMMOLARI

TMSH (tarkibiy model shakli) da modelning tarkibiy koefitsientlari deb ataluvchi, b_{ij} va a_{ij} modelning parametrlarini aniqlashda eng kichik kvadratlar usuli qo'llana olinmaydi.

Odatda modelning tarkibiy koefitsientlarini aniqlash uchun TMSH keltirilgan model shakliga (KMSH) tubdan o'zgartiriladi.

$$\begin{cases} y_1 = a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1m}x_m + \varepsilon_1 \\ y_2 = \delta_{11}x_1 + \delta_{12}x_2 + \dots + \delta_{2m}x_m + \varepsilon_2 \\ \dots \\ y_n = \delta_{n1}x_1 + \delta_{n2}x_2 + \dots + \delta_{nm}x_m + \varepsilon_n \end{cases}, (10.6)$$

KMSHning δ_{ij} parametrlari eng kichik kvadratlar usulida baholanishi mumkin. Bu parametrlar orqali b_{ij} va a_{ij} modelning tarkibiy koefitsientlarini hisoblab chiqish mumkin. Tarkibiy va keltirilgan shakllarning parametrlarini o'zaro mosligini ta'minlash uchun identifikasiya sharti bajarilishi kerak.

Modelning tarkibli shakli quyidagicha bo'lishi mumkin:

**identifikasiyalanadigan;
identifikasiyalanmaydigan;
o'taidentifikasiyalanadigan.**

TMSH identifikasiyalanadigan bo'lishi uchun, tizimning har bir tenglamasi identifikasiyalanadigan bo'lishi kerak. Bu holatda TMSH parametrlari soni keltirilgan formaning parametrlariga teng bo'ladi.

Agar TMSHning birorta tenglamasi identifikasiyalanmaydigan bo'lsa, bunda butun model identifikasiyalanmaydigan bo'lib hisoblanadi. Bunday holatda keltirilgan shaklning koeffitsientlari soni TMSH koeffitsientlari soniga nisbatan kam.

Agar keltirilgan koeffitsientlar soni tarkibli koeffitsientlariga nisbatan ko'p bo'lsa, model o'taidentifikasiyalanadigan deb hisoblanadi. Bunda keltirilgan model shaklining koeffitsientlari asosida biror tarkibiy koeffitsiyentining ikki va undan ko'p qiymatini topish mumkin. O'taidentifikasiyalanadigan modelda bitta bo'lsa ham tenglama o'taidentifikasiyalanadigan, boshqalari esa identifikasiyalanadigandir.

Modelni identifikasiyalash quyidagicha amalga oshiriladi:

Har bir tenglama alohida identifikasiya qilinadi.

Identifikasiyalashning zaruriy sharti

1-shart. Tenglamaning o'zida qatnashgan endogen o'zgaruvchilar soni shu tenglamada qatnashmagan va tenglamalar tizimida mavjud bo'lgan ekzogen o'zgaruvchilar soniga 1 soni qo'shilgan miqdorga teng bo'lsa, bu tenglama identifikasiyalangan bo'ladi:

$$H = D + 1$$

2-shart. Tenglamaning o'zida qatnashgan endogen o'zgaruvchilar soni shu tenglamada qatnashmagan va tenglamalar tizimida mavjud bo'lgan ekzogen o'zgaruvchilar soniga 1 soni qo'shilgan miqdordan kichik bo'lsa, bu tenglama o'ta identifikasiyalangan bo'ladi:

$$H < D + 1$$

3-shart. Tenglamaning o'zida qatnashgan endogen o'zgaruvchilar soni shu tenglamada qatnashmagan va tenglamalar tizimida mavjud bo'lgan ekzogen o'zgaruvchilar soniga 1 soni qo'shilgan miqdordan katta bo'lsa, bu tenglama identifikasiyalashmagan bo'ladi:

$$H > D + 1,$$

bu yerda H - tenglamaning o'zida qatnashgan endogen o'zgaruvchilar soni; D - tenglamada qatnashmagan va tenglamalar tizimida mavjud bo'lgan ekzogen o'zgaruvchilar soni.

Identifikasiyalashning yetarlilik sharti

Agar identifikasiyalashning zaruriy sharti bajarilganda va tenglamada qatnashmagan va tenglamalar tizimida mavjud bo'lgan o'zgaruvchilarning koeffitsiyentlaridan tuzilgan matrisaning rangi tenglamalar tizimida qatnashgan tenglamalar sonidan bitta kam

bo'lsa, bu ko'zatilayotgan tenglama to'liq identifikasiyalangan bo'ladi.

10.3-masala.

$$\begin{cases} y_1 = b_{13}y_3 + a_{11}x_1 + a_{13}x_3 \\ y_2 = b_{21}y_1 + b_{23}y_3 + a_{22}x_2 \\ y_3 = b_{32}y_2 + a_{31}x_1 + a_{33}x_3 \end{cases}$$

modelni identifikasiyalashga tekshiring.

Masalaning yechilishi

Modelda 3 ta endogen y_1, y_2, y_3 va 3 ta ekzogen o'zgaruvchi mavjud.

1-tenglama. y_1, y_3 endogen o'zgaruvchi mavjud ekanligidan $H=2$. Bitta ekzogen o'zgaruvchi x_2 1-tenglamada mavjud emas ekanligidan $D=1$. Zaruriylik sharti: $H=D+1$; $2=2$. Zaruriylik sharti bajarildi.

1-tenglamada mavjud bo'lmagan y_2, x_2 o'zgaruvchilarning qolgan tenglamalarda mavjud koeffitsiyentlardan matrisa tuzamiz.

y_2, x_2 o'zgaruvchilar koeffitsiyentlardan tuzilgan matrisa

10.5-jadval

Tenglama	Qatnashmagan o'zgaruvchilar	
	y_2	x_2
2-tenglama	-1	a_{22}
3-tenglama	b_{32}	0

$\det A = -1 \cdot 0 - a_{22} \cdot b_{32} \neq 0$. Bu yetarlilik shartni bajarilishini bildiradi. Demak, 1-tenglama to'liq identifikasiyalashgan.

2-tenglama. y_1, y_2, y_3 endogen o'zgaruvchi mavjud ekanligidan $H=3$. Ikki ekzogen o'zgaruvchi x_1, x_3 2-tenglamada mavjud emas ekanligidan $D=2$. Zaruriylik sharti: $H=D+1$; $3=3$. Zaruriylik sharti bajarildi.

2-tenglamada mavjud bo'lmagan x_1, x_3 o'zgaruvchilarning qolgan tenglamalarda mavjud koeffitsiyentlardan matrisa tuzamiz.

x_1, x_3 o'zgaruvchilar koeffitsiyentlardan tuzilgan matrisa

10.6-jadval

Tenglama	Qatnashmagan o'zgaruvchilar	
	x_1	x_3
1-tenglama	a_{11}	a_{13}
3-tenglama	a_{31}	a_{33}

$\det A = a_{11} \cdot a_{33} - a_{31} \cdot a_{13} \neq 0$. Bu yetarlilik shartni bajarilishini bildiradi. Demak, 2-tenglama to'liq identifikasiyalashgan.

3-tenglama. y_2, y_3 endogen o'zgaruvchi ekanligidan $H=2$.

Bitta ekzogen o'zgaruvchi 3-tenglamada x_2 qatnashmaganligidan $D=1$. Zaruriylik sharti: $H=D+1$; $3=3$. Zaruriylik sharti bajarildi.

3-tenglamada mavjud bo'lmagan y_1, x_2 o'zgaruvchilarning qolgan tenglamalarda mavjud koeffitsiyentlardan matrisa tuzamiz.

y_1, x_2 o'zgaruvchilar koeffitsiyentlardan tuzilgan matrisa

10.7-jadval

Tenglama	Qatnashmagan o'zgaruvchilar	
	y_1	x_2
1-tenglama	b_{21}	a_{22}
3-tenglama	-1	0

$\det A = b_{21} \cdot 0 - (-1) \cdot a_{22} = a_{22} \neq 0$. Bu yetarlilik shartni bajarilishini bildiradi. Demak, 3-tenglama to'liq identifikatsiyalashgan.

Bajarish uchun topshiriqlar

10.3-masala. Quyidagi 1-jadval ma'lumotlarga asosan tarkibli model shakli tuzilsin.

10.8-jadval

n	y_1	y_2	x_1	x_2
1	245	238	110	91
2	248	150	212	116
3	453	342	213	114
4	355	146	312	216
5	250	237	410	312
6	554	345	511	416

bunda y_1 —ish haqi o'zgarishi tempi; y_2 —narxlar o'zgarishi tempi; x_1 —ishsizlar foizi; x_2 —doimiy kapital o'zgarishi tempi.

Quyidagilar amalga oshirilsin:

1. Tekshirilayotgan model tarkibli model shaklga o'tkazilsin.
2. Keltirilgan model uchun δ_{ij} koeffitsiyentlar "«Eng kichik kvadratlar usuli» ning mezonlari bilan parametrlar aniqlansin.
3. Keltirilgan model oddiy parametrlri o'zaro bog'langan tenglamalar tizimiga o'tkazilsin.

10.4-masala. Quyidagi 1-jadval ma'lumotlarga asosan tarkibli model shakli tuzilsin.

10.9-jadval

n	y_1	y_2	x_1	x_2
1	145	138	110	111
2	148	150	112	116
3	153	142	113	114
4	155	146	112	116
5	150	137	110	112
6	154	145	111	116

bunda y_1 —ish haqi o'zgarishi tempi; y_2 —narxlar o'zgarishi tempi; x_1 —ishsizlar foizi; x_2 —doimiy kapital o'zgarishi tempi.

Quyidagilar amalga oshirilsin:

1. Tekshirilayotgan model tarkibli model shaklga o'tkazilsin.
2. Keltirilgan model uchun δ_{ij} koeffitsiyentlar "«Eng kichik kvadratlar usuli» ning mezonlari bilan parametrlar aniqlansin.
3. Keltirilgan model oddiy parametrlri o'zaro bog'langan tenglamalar tizimiga o'tkazilsin.

10.5-masala. Quyidagi 1-jadval ma'lumotlarga asosan tarkibli model shakli tuzilsin.

10.10-jadval

n	y_1	y_2	x_1	x_2
1	345	438	210	211
2	348	550	312	116
3	253	542	213	214
4	455	346	312	316
5	550	437	210	112
6	454	645	311	216

bunda y_1 —ish haqi o'zgarishi tempi; y_2 —narxlar o'zgarishi tempi; x_1 —ishsizlar foizi; x_2 —doimiy kapital o'zgarishi tempi.

Quyidagilar amalga oshirilsin:

1. Tekshirilayotgan model tarkibli model shaklga o'tkazilsin.
2. Keltirilgan model uchun δ_{ij} koeffitsiyentlar "«Eng kichik kvadratlar usuli» ning mezonlari bilan parametrlar aniqlansin.
3. Keltirilgan model oddiy parametrlri o'zaro bog'langan tenglamalar tizimiga o'tkazilsin.

10.6-masala.

$$\begin{cases} y_1 = b_{11}y_2 + b_{13}y_3 + a_{11}x_1 + a_{12}x_2 \\ y_2 = b_{21}y_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + a_{24}x_4 \\ y_3 = b_{31}y_1 + b_{32}x_2 + a_{31}x_1 + a_{32}x_2 \end{cases}$$

modelni identifikatsiyalashga tekshiring.

Muhokama uchun savollar

1. Qaysi hollarda bir vaqtli ekonometrik modellartuziladi va buning sababi nimada?
2. Bir vaqtli tenglamalar tizimini yechishda qanday usullardan foydalaniladi?
3. Nima uchun ekonometrik modellar tenglamalar tizimi ko'rinishida ifodalanadi?
4. Tenglamalar tizimini identifikatsiyalashda qanday muammolar mavjud?
5. Tenglamalar tizimida endogen o'zgaruvchilar qanday tanlanadi?
6. Ekzogen o'zgaruvchilar nima va ular ekonometrik modelda qanday ahamiyatga ega?
7. Tenglamalar tizimida lagli o'zgaruvchilar qanday hisobga olinadi?
8. Bir vaqtli tenglamalar tizimining iqtisodiy ahamiyati nimadan iborat?

AMALIY EKONOMETRIK MODELLAR



11.1. TALAB VA TAKLIF MODELI

Boshqa omillar o'zgarmaganda, narxlarning oshishi talab hajmini qisqarishiga va aksincha narxlarning pasayishi talab hajmini oshishiga olib keladi.

Tovarning narxi bilan talab miqdori o'rtasida teskari bog'liqlik talab qonuni deb ataladi. Talabga tovarning o'z narxi ta'sir ko'rsatganda, talab egri chizig'i surilmasdan, chiziq bo'ylab bir nuqtadan ikkinchi nuqtaga ko'chish yuz beradi va biz buni talab miqdorining o'zgarishi deymiz.

Talabga narxdan tashqari boshqa omillar (iste'molchilar daromadi va didi, o'rinbosar va to'ldiruvchi tovarlar narxlari, iste'molchilar soni, kelgusidagi o'zgarishlarni kutishlar) ta'sir ko'rsatganda talab egri chizig'i o'ngga yoki chapga suriladi. Bunday o'zgarish talabning o'zgarishini anglatadi.

Taklif ma'lum vaqt oralig'ida, turli narxlar darajasida ishlab chiqaruvchilarning (sotuvchilarning) ma'lum miqdordagi tovarlar va xizmatlarni sotishga bo'lgan xohishi va imkoniyatlarini aks ettiradi. Narx oshsa, taklif miqdori ham oshadi yoki aksincha narx pasaysa, taklif miqdori ham qisqaradi.

Tovarning narxi bilan taklif miqdori o'rtasida to'g'ri bog'liqlikni taklif qonuni deb ataymiz. Tovarning o'z narxi ta'sirida taklif egri chizig'i surilmasdan, chiziq bo'ylab bir nuqtadan ikkinchi nuqtaga ko'chish yuz beradi. Buni taklif miqdorini o'zgarishi deb ataymiz.

Taklifga tovarning o'z narxidan tashqari boshqa omillar (resurslar narxlari, texnologiyalar, soliqlar, dotatsiyalar va subsidiyalar, boshqa tovarlarning narxlari, sotuvchilar soni, kelgusidagi o'zgarishlarni kutishlar) ham ta'sir ko'rsatadi. Ular ta'sirida taklif egri chizig'ining o'ngga yoki chapga surilishiga taklif o'zgarishi deyiladi.

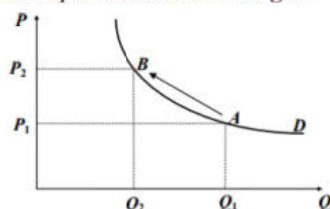
Talab va taklifni funksiya orqali ham ifodalash mumkin. Agar talab va taklifga bitta o'zgaruvchi omil (masalan tovarning narxi) ta'sir ko'rsatsa ular o'rtasidagi bog'liqlikni bir omilli funksiyasi orqali ifodalash mumkin. Ko'p omilli (o'zgaruvchili) talab va taklif funksiyalari ular miqdorini ta'sir qiluvchi bir necha omillar bo'yicha aniqlaydi.¹²

Talab orqali bozor mexanizmini o'rganishda uning grafisini tahlil qilish muhimdir. Ordinata o'qi bo'ylab bir birlik mahsulot narxini va absissa o'qi bo'ylab berilgan vaqt oralig'ida talab qilingan mahsulot miqdorini belgilaymiz. Talab chizig'i (Demand curve) pastga qarab yo'nalgan yotiq chiziq bo'lib, belgilangan narxlar darajasida iste'molchilarning qancha miqdorda mahsulot sotib olishi mumkinligini ko'rsatadi (3.1-rasm).

¹² B.T. Salimov, M.S. Yusupov. Mikroiqtsodiyot. Darslik. –T.: Iqtisodiyot, 2019, – 366 b.

Oilaning sutga bo'lgan yillik talabi												
oy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Sut narxi, P (so'm/litr)	2300	2400	2450	2500	2525	2575	2600	2550	2600	2700	2800	3000
Yillik talab hajmi, Q (litrlar)	45	44	43	42	38	35	34	30	28	26	24	22

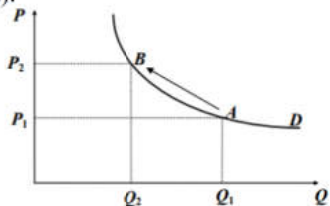
Manba: shartli raqamlar asosida tuzilgan



3.1-rasm

Talab chizig'ining pastga qarab yo'nalgan yotiq chiziqligi, iste'molchilarning narxlar qancha arzon bo'lsa, shuncha ko'p mahsulot sotib olishga xohishi borligini anglatadi.

Talabga tovarning o'z narxi ta'sir ko'rsatganda, talab egri chizig'i surilmasdan, chiziq bo'ylab bir nuqtadan ikkinchi nuqtaga ko'chish yuz beradi va biz buni talab miqdorining o'zgarishi deb ataymiz (3.2-rasm).



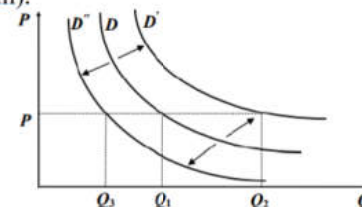
3.2-rasm. Talab miqdorining o'zgarishi

Yuqoridagi 3.2-rasmdan ko'rinib turibdiki, narx P_1 ga teng bo'lganda iste'molchining Q_1 miqdordagi mahsulotni sotib olishga talabi bo'lsa, narx P_2 ga oshganda talab hajmi qisqarib, Q_2 ga teng bo'ladi. Bunda talab egri chizig'i bo'ylab A nuqtadan B nuqtaga ko'chish yuz beradi.

Talabga tovarning o'z narxidan tashqari quyidagi boshqa omillar ham ta'sir ko'rsatadi va ular talab determinantlari deb ataladi:

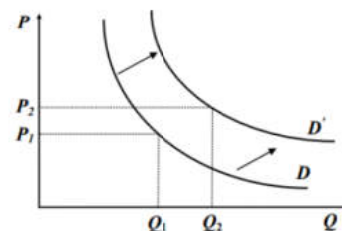
1. Iste'molchilarning daromadi.
2. O'rinbosar va to'ldiruvchi tovarlar narxlari.
3. Iste'molchilarning didi.
4. Bozordagi iste'molchilar soni.
5. Kelgusidagi o'zgarishlarga nisbatan iste'molchilarni kutishlari.

Talabga narxdan tashqari yuqorida keltirilgan boshqa omillar ta'sir ko'rsatganda talab egri chizig'i o'ngga yoki chapga suriladi. Bunday o'zgarishni talabning o'zgarishi deb ataymiz. Masalan, tovarning narxi (P) o'zgarmaganda iste'molchi daromadining oshishi unga oldingiga (Q_1) nisbatan ko'proq miqdorda (Q_2) tovar xarid etish imkonini beradi va talab chizig'i parallel o'ngga (D dan D' holatiga) suriladi (3.3-rasm).



3.3-rasm. Talabning o'zgarishi

Aksincha, tovarning narxi o'zgarmagan holatda iste'molchining daromadi pasaysa, iste'molchining talabi kamayadi va talab chizig'i parallel chapga suriladi (D dan D'' holatiga). Ikkinchi tomondan, iste'molchining real daromadi oshsa, u Q_2 miqdordagi tovarni yuqoriroq narxda, masalan, P_2 narxda ham sotib olishi mumkin. Bu holatda ham talab chizig'i o'ngga suriladi (3.4-rasm).



3.4-rasm. Narx va talabning o'zgarishi

Iste'molchilar daromadi o'zgarishining talabga ta'siri tovarlar kategoriyasiga qarab turlichadir:

1. Iste'molchining daromadi oshganda oliy va normal kategoriyali tovarlarga talab oshadi va past kategoriyali tovarlarga talab pasayadi.

2. Iste'molchining daromadi pasayganda past kategoriyali tovarlarga talab oshadi va aksincha oliy hamda normal kategoriyali tovarlarga talab pasayadi.

Demak daromad o'zgarishi bilan oliy hamda normal kategoriyali tovarlarga talab o'zgarishi o'rtasida to'g'ri, past kategoriyali tovarlarga talab o'zgarishi o'rtasida esa teskari bog'liqlik mavjud ekan.

Talabga o'rinbosar va to'ldiruvchi tovarlar narxlar ham kuchli ta'sir ko'rsatadi.

Asosiy tovarga bo'lgan talab o'zgarishi bilan o'rinbosar tovar narxi o'zgarishi o'rtasida to'g'ri bog'liqlik mavjud. Masalan, asosiy tovar sifatida mol go'shtini, o'rinbosar tovar sifatida qo'y go'shtini olaylik. Agar o'rinbosar tovar bo'lgan qo'y go'shtining narxi oshsa, asosiy tovar bo'lgan mol go'shtiga talab oshadi yoki aksincha qo'y go'shtining narxi pasaysa, mol go'shtiga talab ham pasayadi. Asosiy tovarga bo'lgan talab o'zgarishi bilan to'ldiruvchi tovar narxi o'zgarishi o'rtasida teskari bog'liqlik mavjud. Masalan, asosiy tovar sifatida avtomashina, to'ldiruvchi tovar sifatida yoqilg'ini olaylik. Agar avtomashinaning narxi oshsa, to'ldiruvchi tovar bo'lgan yoqilg'iga talab ham qisman kamayadi yoki aksincha avtomashina narxi pasaysa, yoqilg'iga talab oshadi.

Bir-birining o'rnini bosadigan tovarlardan birining narxini oshishi yoki to'ldiruvchi tovarlardan birining narxini kamayishi ham talab chizig'ini o'ngga yoki chapga surilishiga olib keladi.

Vaqt oralig'ida iste'molchilar dididagi, moda va turmush tarzidagi o'zgarishlar ayrim tovarlar va xizmatlarga bo'lgan talabni oshiradi, ayrimlariga talabni esa kamaytiradi yoki butunlay yo'qolb ketishiga olib keladi.

Iste'molchilar soni muayyan bir bozor yoki hududda talabning shakllanishida muhim o'rin tutadi. Shu tufayli biznesmenlar aholi gavjum va ko'p bo'lgan joylarda o'z biznesini yuritishga harakat qiladilar. Aholi juda kam bo'lgan sahro yoki chekka hududlarda talab miqdori o'ta cheklangan.

Narxlar darajasi, inflyasiya, soliq stavkalari, eng kam ish haqi miqdori yoki mavsumiylik kabi kelgusidagi o'zgarishlarni kutish talabning o'zgarishiga kuchli ta'sir ko'rsatadi. Masalan, kelgusi oyning boshidan benzin narxining oshishi ehtimoli iste'molchilarning benzinga talabini keskin oshiradi.¹³

Taklif va unga ta'sir ko'rsatuvchi. Taklif ma'lum vaqt oralig'ida, turli narxlar darajasida ishlab chiqaruvchilarning (sotuvchilarning) ma'lum miqdordagi tovarlar va xizmatlarni sotishga bo'lgan xohishi va imkoniyatlarini aks ettiradi.

Taklif hajmi va haqiqatda sotilgan tovarlar hajmi o'rtasida farq mavjud. Taklif hajmi sotuvchilarning bozordagi hatti-harakatini ifodalasa, haqiqatda sotiladigan tovarlar hajmini xaridor va sotuvchilar birgalikda aniqlaydi.

Narxlar taklifning shakllanishida hal qiluvchi ahamiyat kasb etadi. Narx va taklif o'rtasidagi bog'liqlikni quyidagi jadvalda aks ettirish mumkin (3.2-jadval).

Do'konning sut uchun yillik taklifi

oy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Sut narxi, P (so'm/litr)	2300	2400	2450	2500	2525	2575	2600	2550	2600	2700	2800	3000
Oylik taklif hajmi, Q (litr)	150	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360

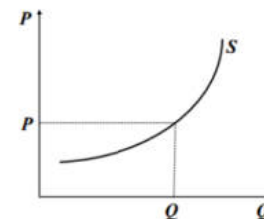
Manba: shartli raqamlar asosida tuzilgan

Taklif qonunining mohiyatini quyidagicha izohlash mumkin. Narx tovar ishlab chiqaruvchilar (sotuvchilar) uchun mahsulot birligiga nisbatan olinadigan daromadni (pul tushumini) anglatadi va narxlarning oshishi sotuvchilarning daromadlarini oshiradi. Shu tufayli qimmat narxlar sotuvchilarni taklif hajmini oshirishga rag'batlantirsa, arzon narxlar taklif hajmini qisqartirishga signal bo'ladi.

Ba'zan bozor to'yinib, tovar zaxiralari ortib ketganda, sotuvchilar narxlarini pasaytirish orqali sotish hajmini oshirish va ortiqcha zaxiralarni qisqartirishga harakat qilishadi.

Taklifni o'rganishda uning grafigini tahlil qilish muhimdir. Ordinata o'qi bo'ylab bir birlik mahsulot narxini va absissa o'qi bo'ylab berilgan vaqt oralig'ida taklif qilingan mahsulot miqdorini belgilaymiz.

Taklif chizig'i muayyan narxlarda sotuvchilarning qancha miqdorda mahsulotni sotishga bo'lgan xohishi va imkoniyatlarini aks ettiradi (3.5-rasm).



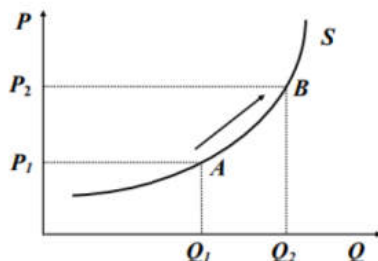
3.5-rasm. Taklif chizig'i¹⁴

¹³ B.T. Salimov, M.S. Yusupov. Mikroiqtsodiyot. Darslik. –T.: Iqtisodiyot, 2019, – 366 b.

¹⁴ B.T. Salimov, M.S. Yusupov. Mikroiqtsodiyot. Darslik. –T.: Iqtisodiyot, 2019, – 366 b.

Taklif chizig'i yuqoriga qarab yo'nalgan o'suvchi chiziq. Taklif chizig'ining yuqoriga yo'nalganligi, sotuvchilarning narxlar qancha qimmat bo'lsa, shuncha ko'p mahsulot sotishga xohishi va imkoniyati borligini anglatadi. Yuqori narxlar sotuvchilarga nafaqat ko'proq miqdordagi tovarlar sotishga balki, ularning daromadlarini yuksaltirishga ham imkon yaratadi.

Tovarning o'z narxi taklifga ta'sir ko'rsatganda, taklif egri chizig'i o'ngga yoki chapga surilmasdan, chiziq bo'ylab bir nuqtadan ikkinchi nuqtaga, ya'ni A nuqtadan B nuqtaga ko'chish yuz beradi (3.6-rasm).

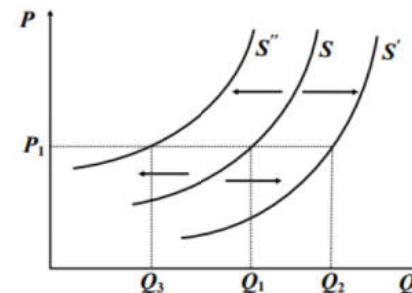


3.6-rasm. Taklif miqdorining o'zgarishi¹⁵

Buni taklif miqdorini o'zgarishi deb ataymiz. Taklifga tovarning o'z narxidan tashqari boshqa omillar ham ta'sir ko'rsatadi. Jumladan:

1. Resurslarning narxlari.
2. Texnologiyalar.
3. Soliqlar, dotatsiyalar va subsidiyalar.
4. Boshqa tovarlarning narxlari.
5. Bozordagi sotuvchilar soni.
6. Kelgusidagi o'zgarishlarni kutishlar. Resurslarning narxlari.

Taklif bilan ishlab chiqarish xarajatlari o'rtasida bevosita bog'liqlik mavjud. Firmaning mahsulot ishlab chiqarish imkoniyatlari ishlab chiqarish xarajatlari bilan o'lchanadi. Resurslar narxining oshishi ishlab chiqarish xarajatlarini ham oshirib, taklif hajmini qisqartiradi va taklif egri chizig'ini chapga surilishiga sabab bo'ladi yoki aksincha. Masalan, ishlab chiqaruvchining qancha miqdorda mahsulot sotishi uning narxidan tashqari ishlab chiqarish xarajatlariga (ish haqi, xomashyo narxi) ham bog'liqdir. Shu sababli biz taklif egri chizig'ining, ish haqi stavkasi, ishlab chiqarish xarajatlari o'zgarganda qanday o'zgarishini qarab chiqamiz (3.7-rasm).



3.7-rasm. Resurslar narxi o'zgarishi ta'sirida taklifning o'zgarishi

Talab va taklif funksiyalari. Talab va taklifni funksiya orqali ham ifodalash mumkin. Agar talabga bitta o'zgaruvchi omil (masalan tovarning narxi) ta'sir ko'rsatsa ular o'rtasidagi bog'liqlikni bir omilli talab funksiyasi orqali ifodalash mumkin. Bir omilli (o'zgaruvchili) funktsiyaga misol sifatida narxga bog'liq talab funksiyasini keltirish mumkin: $Q_d = f(P)$, bu yerda: Q_d - talab miqdori; P - bir birlik mahsulot narxi. Bir o'zgaruvchili chiziqli talab funksiyasi quyidagicha yoziladi $Q_d = a - b \cdot P$, bu yerda: $Q_d \geq 0$ va $P \geq 0$, a va b parametrlar statistik ma'lumotlar asosida hisoblanadi.

Xuddi talabdagisigari taklif va unga ta'sir ko'rsatuvchi omillar o'rtasidagi bog'liqlikni funksiya orqali ifodalash mumkin. Taklif funksiyasi bir birlik tovar narxi P bo'lganda sotuvchilar maksimal darajada qancha miqdorda tovar taklif qilishi mumkinligini ko'rsatadi.

Taklifga faqat bitta omil, masalan tovarning narxi ta'sir ko'rsatganda bir o'zgaruvchili taklif funksiyasi quyidagi ko'rinishda yoziladi: $Q_s = f(P)$ bu yerda Q_s - tovar taklifi miqdori; P - bir birlik tovar narxi.

Bir o'zgaruvchili taklif funksiyasini chiziqli tenglama ko'rinishida ham yozish mumkin: $Q_s = a + b \cdot P$

Bu yerda: $Q_s \geq 0$ va $P \geq 0$, a va b parametrlar statistik ma'lumotlar asosida hisoblanadi.

11.4-masala. A mahsulotga bo'lgan maksimal talab $D=500$ ga teng. Talab narxi $P=100$ ga teng bo'lganda talab $D=0$ bo'lganligi berilgan. Berilgan shartdan foydalanib talab funksiyasini hosil qiling.

¹⁵ B.T. Salimov, M.S. Yusupov. Mikroiqtsodiyot. Darslik. –T.: Iqtisodiyot, 2019. – 366 b

Yechish. Maksimal talab $D=500$, talab narxi $P=100$ ga teng bo'lganda molni hyech kim olmaydi.

1) Mahsulot narxi $P=100$ ga teng bo'lganda talab hajmi $Q_d=0$ deb qaralayapdi.

2) Mahsulot narxi $P=0$ ga teng bo'lganda talab hajmi $Q_d=500$ ga teng.

Ma'lumki, talab funksiyasi $Q_d = a + b \cdot P$ ekanligidan $P=0$ ga teng bo'lganda talab hajmi $Q_d = a + b \cdot 0 = 500$ dan $a = 500$ ekanligi kelib chiqdi.

Mahsulot narxi $P=100$ ga teng bo'lganda talab hajmi $Q_d=0$ bo'lganligidan mahsulotni hyech kim olmaydi, ya'ni $Q_d = 500 + b \cdot 100 = 0$ dan $b = -5$ ga tengligi kelib chiqdi.

Talab funksiyasi $Q_d = 500 - 5 \cdot P$ dan iborat.

11.5-masala. Taklif funksiyasi $Q_s = 100 + 2 \cdot P$ berilgan. Quyidagilar aniqlansin;

1) davlat har bir sotiladigan mahsulotga 5 so'm soliq belgiladi. Yangi taklif chizig'ini hosil qiling;

2) davlat har bir sotiladigan mahsulotga 5 so'm subsidiya belgiladi. Yangi taklif chizig'ini hosil qiling;

3) taklif funksiyasi chiziqlarini bitta grafikda tasvirlang.

Yechish. Taklifga boshqa omillar ham ta'sir ko'rsatadi. Ularni e'tiborga olmaymiz.

1) Davlat har bir sotiladigan mahsulotga 5 so'm soliq belgiladi. Shuning uchun yangi taklif funksiyasi quyidagicha bo'ladi:

$$Q'_s = 100 + 2 \cdot (P - 5).$$

Yuqoridagi tenglamadan $Q'_s = 90 + 2 \cdot P$ ekanligi kelib chiqdi.

2) Davlat har bir sotiladigan mahsulotga 5 so'm subsidiya belgiladi. Shuning uchun yangi taklif funksiyasi quyidagicha bo'ladi:

$$Q''_s = 100 + 2 \cdot (P + 5).$$

Yuqoridagi tenglamadan $Q''_s = 110 + 2 \cdot P$ ekanligi kelib chiqdi.

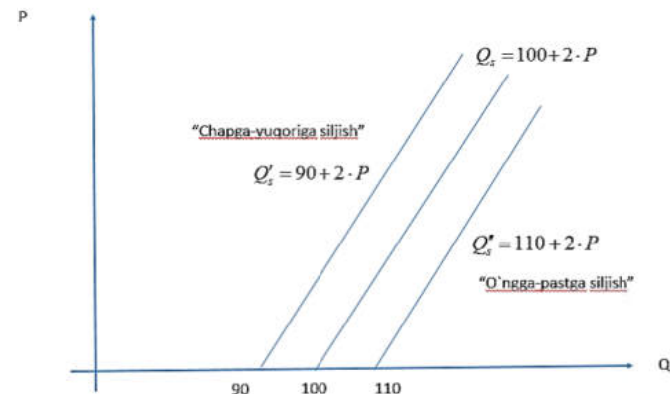
3) Berilgan va hosil bo'lgan taklif chiziqlari:

$$Q_s = 100 + 2 \cdot P;$$

$$Q'_s = 90 + 2 \cdot P;$$

$$Q''_s = 110 + 2 \cdot P$$

grafiklarini quyidagicha yasaymiz:



Grafikdan ko'rinib turibdiki, davlat har bir sotiladigan mahsulotga 5 so'm soliq belgilaganda dastlabki taklif funksiyasi "chappa yuqoriga-siljish" ro'y berdi. Davlat har bir sotiladigan mahsulotga 5 so'm subsidiya belgilaganda esa dastlabki taklif funksiyasi "o'ngga-pastga siljish" ro'y berdi.

Bozor muvozanati va muvozanatli narx. Har qanday bozorda narx, xarid va sotuvlar hajmi talab va taklifning o'zaro munosabati orqali o'rnatiladi. Buni 4.1-jadval orqali ko'rib chiqamiz.

4.1-jadval

Guruchga bo'lgan talab va taklif parametrlari

Narx, so'm/kg	Talab hajmi (Q_d), tonna	Taklif hajmi (Q_s), tonna	Farqi, tonna	Narxdagi o'zgarish
13200	250	210	40	oshadi
13400	240	240	-	o'zgarmaydi
13600	210	250	40	pasayadi

Manba: shartli raqamlar

Yuqoridagi 4.1-jadvalda keltirilgan ma'lumotlar shuni ko'rsatadiki, arzon narxlarda talab hajmi taklif hajmidan ortiq bo'ladi. Masalan, bir kg guruchning narxi 13200 so'm bo'lganda talab hajmi 250, taklif hajmi esa 210 tonnaga teng. Bu narxda iste'molchilar sotuvchilar taklif qilganidan ko'proq guruch sotib olishni xohlashadi. Talab hajmining taklif hajmidan oshishi (40 tonnaga) guruchga bo'lgan ortiqcha talabning vujudga kelishiga sabab bo'ladi. Agar narx bir kg uchun 13200 so'm darajasida qat'iy ushlab turilganda, bozorda **guruch tanqisligi** vujudga kelgan bo'lardi. Iste'molchilar o'zlari xohlagan miqdordagi guruchni xarid qilish imkoniyatiga ega bo'lmasdilar.

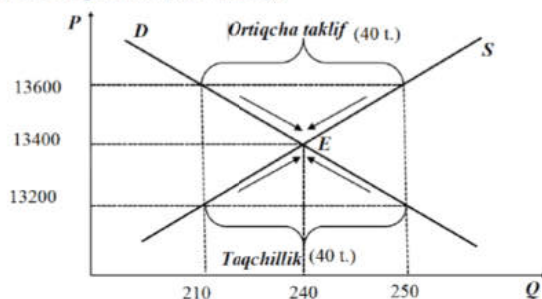
Qimmat narxlarda, aksincha, talab hajmi taklif hajmidan kam bo'ladi. Xususan, bizning misolimizda bir kg guruchning narxi 13600 so'm bo'lganda talab hajmi 210, taklif hajmi esa 250 tonnaga teng.

Sotuvchilar ko'p hajmdagi guruchni sotishni istaydilar, ammo xaridorlar qimmat narxda kamroq guruch xarid qilishga moyil. Agar bozorda taklif hajmi talab hajmidan oshib ketsa, tovarning ortiqcha taklifi vujudga keladi, ya'ni narx 13600 so'm darajasida ushlab turilganda, bozorda **ortiqcha guruch taklifi** (40 tonnaga) kuzatilgan va sotuvchilar ixtiyorlaridagi barcha guruchni sotish uchun xaridor topa olmagan bo'lardi.

Guruchning narxi 13400 so'm/kg bo'lgandagina talab hajmi (200 tonna) taklif hajmiga (200 tonna) teng. Bu narxda guruch tanqisligi ham, ortiqcha taklif ham kuzatilmaydi. Bozor muvozanat holatiga erishadi.

Umuman olganda muvozanat - bu tizimning shunday holatiki, agar unga birorta tashqi kuch ta'sir ko'rsatmasa, u o'zining holatini saqlab qoladi. Talab va taklif modelida talab chizig'i (D) bilan taklif chizig'i (S) kesishgan nuqta (E nuqta) bozor muvozanatini bildiradi. Demak, **bozor muvozanati** talab hajmi bilan taklif hajmining tengligini ta'minlaydigan narx darajasi va tovar miqdori bilan aniqlanadi. Talab va taklif qonuniga tayanib shuni ta'kidlash mumkinki, berilgan vaqt oralig'ida bozor muvozanat holatida bo'lsa, u holda bu vaqt davomida tovar narxi yoki tovar miqdorini o'zgartirishga hech narsa sabab bo'lmaydi.¹⁶

Keltirilgan ma'lumotlar (4.1-jadval) asosida bozor muvozanati grafigini hosil qilamiz (4.1-rasm).



4.1-rasm. Bozor muvozanati va undan chetlanishlar

Talab va taklifni grafik (4.1-rasm) yordamida tahlil etish quyidagi xulosalarni chiqarishga yordam beradi. Muvozanatli narxdan (3400 so'm/kg.) **yuqori bo'lgan** har qanday narxda ortiqcha taklif hajmi sotuvchilarning turib qolgan tovarni tezroq sotish uchun raqobatlashishiga va natijada narxlarning pasayishiga olib keladi. Narxlarning pasayishi iste'molchilarni ko'proq mahsulot xarid

qilishga rag'batlantiradi va bozordagi ortiqcha guruch miqdorining yo'qolishiga olib keladi. Bu holat toki talab va taklif hajmi tenglashib, bozorda muvozanat o'rnatilgunga qadar davom etadi. Muvozanatli narxdan **quyi bo'lgan** har qanday narxda taqchil bo'lgan tovarni qo'lga kiritish uchun iste'molchilar o'rtasidagi raqobat kurashi narxning ko'tarilishiga olib keladi. Narxning ko'tarilishi ishlab chiqaruvchilarni taklif hajmini oshirishga rag'batlantiradi. Natijada bozordagi taqchillik yo'qolib, bozor yana qaytadan muvozanat holatiga intiladi.

Muvozanatli narx – bu shunday narxki, bunda talab hajmi har doim taklif hajmiga teng va bu hajm muvozanatli hajm deb ataladi.

Muvozanat nuqtasida $P_e = P_d = P_s$,

bu yerda: P_e – muvozanatli narx; P_d – talab narxi; P_s – taklif narxi.

Muvozanatli narxda $Q_e = Q_s = Q_d$. Bu yerda: Q_e – muvozanatli hajm; Q_s – taklif hajmi; Q_d – talab hajmi.

11.2. ISHLAB CHIQARISH FUNKSIYALARI

Ishlab chiqarish jarayoni kuzatilayotganda ko'rish mumkinki mahsulot ishlab chiqarishda xom-ashyo, ish kuchi, texnika vositalari, elektr energiyasi, asosiy fondlar va boshqa resurslar bevosita qatnashadi va mahsulot hajmiga ta'sir etadi. Ishlab chiqarilgan mahsulot bilan unga sarflangan resurslar orasidagi bog'lanishni ishlab chiqarish funksiyasi orqali ko'rsatish mumkin. Umumiy holda ishlab chiqarish funksiyasi quyidagi ko'rinishda ifodalanadi.

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

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

Funksiya va dalillar o'rtasidagi bog'liqlarni topish avval mazkur iqtisodiy jarayonga muvofiq keladigan empirik formulani topishdan iborat bo'ladi. Empirik formula aloqa harakterining yaqinlashtirilgan ma'nosini (qimmatini) anglatadi, demak, tanlab olingan ishlab chiqarish funksiyasi dalillar bilan o'rganilayotgan aloqa qonunini nisbatangina ifodalaydi, bu esa nazariy ishlab chiqarish funksiyasiga o'tish lozimligini ko'rsatadi.

Empirik bog'liqlikdan nazariy funksiyaga o'tish eng kichik kvadratlar usuli yordamida amalga oshiriladi. Uning mohiyati shunday parametrlarni topishdan iboratdirki, unda funksiyaning hisoblangan qiymatlari bilan uning haqiqiy qiymatlari o'rtasidagi farq kvadratlari yig'indisi eng minimal bo'lib, quyidagicha ifodalanadi:

$$F(x) = \sum (y_{tm} - f(x))^2 \rightarrow \min, \quad (11.1)$$

¹⁶ B.T. Salimov, M.S. Yusupov. Mikroiqtisodiyot. Darslik. –T.: Iqtisodiyot, 2019. – 366 b

Regressiya tenglamasi to'g'ri tanlangan bo'lsa, bog'liqlikning nazariy formasi o'rganilayotgan aloqa qonuniyatlarini juda aniq aks ettiradi.

Ishlab chiqarish funksiyalari matematik tasvirlash tipiga ko'ra chiziqli, darajali, parabolik, ko'rsatkichli va hokazo bo'lishi mumkin. Bu funksiyalarning ba'zilarini ko'rib chiqamiz.

1. Chiziqli funksiya:

$$y = k_0 + k_1 x_1, (11.2)$$

Bu funksiya bir jinsli bo'lib, omil-dalillarning doimiy limitli samaraliligi bilan harakterlidir. Umuman iqtisodiyot uchun chiziqsiz aloqa ham harakterli bo'lib, ma'lum doiralardagina chiziqli ko'rinishga keltiriladi.

2. Darajali funksiya:

$$y = ax^b, (11.3)$$

bu yerda y - ishlab chiqarilgan mahsulot;

x - ishlab chiqarish resurslari sarfi;

b - ishlab chiqarish samaradorligining o'zgarish ko'rsatkichi;

a - erkin parametrlar.

Mazkur funksiya qo'shimcha mahsulotning qo'shimcha xarajat birligiga nisbatan doim o'sib yoki kamayib borishini nazarda tutadi, biroq u qo'shimcha mahsulotning ayni bir vaqtda kamayishi va o'sib borishiga yo'l qo'ymaydi. Buni funksiyaning birinchi tartibli hosilasida ko'rish mumkin:

$$y' = bax^{b-1}, (11.4)$$

3) Kobb-Duglas tipdagi darajali funksiya eng ko'p tarqalgan va universal funksiya hisoblanadi. U quyidagicha ko'rinishda bo'ladi;

$$y = a \prod_{i=1}^n x_i^{\alpha_i}, (11.5)$$

bu yerda y - natijaviy ko'rsatkich;

x_i - erkin o'zgaruvchi miqdor;

α_i - o'zgarish miqdorlar;

$\prod$ - ko'paytirish operatori.

Bu funksiya parametrlari bir vaqtni ichida elastiklik koeffitsiyentlariga teng. Elastiklik koeffitsiyentlarining iqtisodiy mazmuni shundan iboratki, ular mustaqil o'zgaruvchilar (x) bir foizga o'zgarganda samarali (natijali) ko'rsatkich (y) qanday o'zgarishini ko'rsatadi. Darajali funksiyani xarajatlar o'rtacha bo'lganda resurslarning unumdorligi tadqiqotchini qiziqitirgan vaqtda qo'llanish nazarda tutiladi. Uning formasi mahsulot chiqarishda ma'lum resurslar - mehnat, ishlab chiqarish fondi va tabiiy resurslarning

ishtirokini shart qilib qo'yuvchi xususiyatlarni aks ettiradi. Bu mazkur funksiyaning xilma-xil iqtisodiy jarayonlarni bayon qilishda universal qo'llanilishini belgilaydi.

Neoklassik model ko'p omilli hisoblanib, amerikalik iqtisodchi P.Duglas va matematik Ch.Kobb yaratgan ishlab chiqarish funksiyasi asos qilib olingan. Kobb-Duglas modeli orqali ishlab chiqarish hajmining o'sishida ishlab chiqarish turli omillarining ulushini aniqlashga harakat qilinib, u quyidagicha ifodalanadi:

$$Y = AK^\alpha L^\beta, (11.6)$$

bu yerda: Y - ishlab chiqarish hajmi;

K - kapital sarflari;

L - ishchi kuchi sarflari;

A , α , β - ishlab chiqarish funksiyasining koeffitsiyentlari; $\alpha + \beta = 1$;

A - avtonom texnik taraqqiyot koeffitsiyenti;

α va β - ishlab chiqarish hajmining ishchi kuchi va kapital sarflari bo'yicha elastiklik koeffitsiyenti.

Elastiklik koeffitsiyenti bir ko'rsatkich miqdorining foizda o'zgarishi natijasida boshqa bir ko'rsatkich miqdorining o'zgarish darajasini ifodalaydi. Shunga ko'ra, α koeffitsiyenti kapital sarflarining 1% ga o'sishi, ishlab chiqarish hajmining necha foizga o'sishini, β koeffitsiyenti esa ishchi kuchi sarflarining 1% ga o'sishi ishlab chiqarish hajmining necha foizga o'sishini ko'rsatadi. α va β ning yig'indisi ishchi kuchi va kapital sarflarining bir vaqtning o'zida 1% ga o'sishi ishlab chiqarish hajmining necha foizga o'sishini ko'rsatadi.

Ch.Kobb va P.Duglas o'z tadqiqotlarida AQSh qayta ishlash sanoatining 1899-1922 yillar mobaynidagi ish faoliyatini tahlil qilib, ishlab chiqarish funksiyasining ko'rsatkichlarini aniqlashga harakat qilganlar:

$$Y = 1,01 \cdot K^{0,25} \cdot L^{0,75}, (11.7)$$

Bu ko'rsatkichlar shuni anglatadiki, o'sha davrda AQSh qayta ishlash sanoatida kapital sarflarining 1% ga oshirilishi ishlab chiqarish hajmini 0,25% ga, ishchi kuchi sarflarining 1% ga oshirilishi esa ishlab chiqarish hajmini 0,75% ga oshishiga olib kelar ekan.

Keyinchalik Kobb-Duglasning ishlab chiqarish funksiyasini golland iqtisodchisi Yan Tinbergen yanada takomillashtirib, unga yangi omil - texnika taraqqiyoti ko'rsatkichini kiritdi. Natijada ishlab chiqarish funksiyasi formulasi quyidagi ko'rinishni oldi:

$$Y = AK^\alpha L^{1-\alpha} \cdot e^{rt}, (11.8)$$

bu yerda: e^{rt} - vaqt omili.

Ishlab chiqarish funksiyasiga vaqt omilining kiritilishi endilikda nafaqat miqdor, balki «texnika taraqqiyoti» atamasi orqali

uyg'unlashuvchi sifat o'zgarishlari - ishchi kuchi malakasining o'sishi, innovasiya jarayonlarining kuchayishi, ishlab chiqarishni tashkil etishning takomillashuvi, jamiyat miqyosida ma'lumotlilik darajasining oshishi va boshqalarni ham aks ettirish imkonini berdi.

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, eng so'nggi samaradorlik (chegaraviy -limitik) ishlab chiqarish fondlari uchun quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$v_K = \frac{\partial Y}{\partial K} = \alpha \cdot A \cdot K^{\alpha-1} \cdot L^{\beta}; (11.9)$$

mehnat uchun esa quyidagicha bo'ladi:

$$v_L = \frac{\partial Y}{\partial L} = \beta \cdot A \cdot K^{\alpha} \cdot L^{\beta-1}; (11.10)$$

Eyler teoremasidan foydalangan holda yalpi mahsulotni omillar «ulushiga» ajratish mumkin:

$$y = \frac{\partial Y}{\partial K} K + \frac{\partial Y}{\partial L} L; (11.11)$$

α va β parametrlari asosiy ishlab chiqarish fondlari va mehnatga nisbatan ishlab chiqarish hajmining elastiklik koeffitsiyenti hisoblanadi:

$$\delta_K = \frac{\partial Y}{\partial K} \cdot \frac{K}{Y} = \alpha \cdot A \cdot K^{\alpha-1} \cdot L^{\beta} \cdot \frac{K}{A \cdot K^{\alpha} \cdot L^{\beta}} = \alpha; (11.12)$$

$$\delta_L = \frac{\partial Y}{\partial L} \cdot \frac{L}{Y} = \beta \cdot A \cdot K^{\alpha} \cdot L^{\beta-1} \cdot \frac{L}{A \cdot K^{\alpha} \cdot L^{\beta}} = \beta; (11.13)$$

Resurslarni almashtirish normasi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\gamma_{KL} = \frac{v_K}{v_L} = \frac{\partial Y}{\partial K} : \frac{\partial Y}{\partial L} = \frac{A \cdot \alpha \cdot K^{\alpha-1} \cdot L^{\beta}}{A \cdot \beta \cdot K^{\alpha} \cdot L^{\beta-1}} = \frac{\alpha \cdot K}{\beta \cdot L}; (11.14)$$

Ishlab chiqarish funksiyasini ko'rib chiqishda paydo bo'ladigan navbatdagi muhim muammo ishlab chiqarish omillari samaradorligining ishlab chiqarish ko'lamini va uning konsentrasiyasiga bog'liq holda o'zgarishidir. Real voqeylikda bunday holat quyidagicha bo'lishi mumkin: ishlab chiqarish ko'lamining kengayishi bilan samaradorlik o'sishi, o'zgarishsiz qolishi, pasayishi kuzatiladi.

Kobba-Duglas ishlab chiqarish funksiyasida ishlab chiqarish konsentrasiyasining ta'siri parametrlar jamida aks etadi.

1) $\alpha + \beta = 1$ - parametrlar jami birga teng bo'lsa, bu holda ishlab chiqarish konsentrasiyasi ishlab chiqarish omillarining samaradorligiga ta'sir etmaydi.

2) $\alpha + \beta > 1$ - parametrlar jami birdan katta bo'lsa, bu ishlab chiqarish hajmi bir omilning uning miqdoriga nisbatan yaratilgan eng so'nggi samaradorlikdan ortiq bo'lishini anglatadi.

3) $\alpha + \beta < 1$ - parametrlar jami birdan kam bo'lsa, resurslar oshishi bilan ishlab chiqarish pasayib boruvchi tezlikda o'sib boradi.

Bir-birini o'rini bosuvchi resursli ishlab chiqarish funksiyalari.

$y=f(x)$ ishlab chiqarish funksiyasida resurslar bir-birining o'rini bosishi haqidagi taxmin mahsulot chiqarishning ayni bir hajmini resurslarning turli kombinasiyalarida ham olish mumkin degan ma'noni anglatadi.

Resurslardan foydalanish samaradorligi o'rtacha hamda eng so'nggi samaradorlikdan iborat ikki asosiy ko'rsatkich bilan karakterlanadi.

Resursning o'rtacha samaradorligi quyidagi funksiyadir:

$$\mu_i = \frac{f(x)}{x_i}; (11.15)$$

Resursning eng so'nggi samaradorligi ishlab chiqarish funksiyasining xususiy tarzida aniqlanadi:

$$v_i = \frac{df(x)}{dx_i}; (11.16)$$

$v_i(x)$ miqdori birlik resurs sarfining cheksiz kichik ortirmasidagi miqdordir.

Biror ikki resurs k va l resurslarning eng so'nggi samaradorligining nisbati tarzida aniqlanadi:

$$v_{ke} = \frac{dx_r}{dx_e} = - \frac{v_2(x^1)}{v_k(x^1)} \leq 0; (11.17)$$

Bir xil resurslarning ikkinchi resurslar o'rini ekvivalent ravishda bosishda izokvanta bo'ylab grafik harakat muvofiq keladi. Ekvivalent almashinuvning eng so'nggi normasi bir xil bo'lgan resurslar kombinasiyasi fazoda izoklinallar deb ataluvchi egri chiziqlarni hosil qiladi.

Har bir resursning ishlab chiqarish o'sishiga ta'sirini ifodalash uchun xarajatlardan, mahsulot chiqarishning elastiklik koeffitsiyentidan ham foydalaniladi. Elastiklik koeffitsiyenti (E) tegishli argument bir foizga o'zgarganda, funksiya o'zgarishi miqdorini ko'rsatadi.

Iqtisodiy o'sishning nisbiy tezligi ishlab chiqarishning omillar sarflari bo'yicha elastikligi deyiladi va odatda E_i bilan belgilanadi. Demak har qanday iqtisodiy o'sish omili (resurs turi) uchun ishlab chiqarishning omillar sarflari bo'yicha elastikligi

$$E_i = \frac{\partial N}{\partial F_i} \cdot \frac{F_i}{N} = a_i \quad (11.18)$$

bo'ladi.

Shunday qilib iqtisodiy o'sish ko'rsatkichi sifatida ishlab chiqarilgan mahsulot funksiyasidan foydalanilsa, sarflar bo'yicha elastiklik barcha o'sish omillari uchun o'zgarish qiyamatga ega bo'lib tegishli regressiya koeffitsiyentlarga teng bo'ladi. Boshqacha aytak maxsulot hajmining qancha bo'lishidan qat'iy nazar i – turidagi o'sish omilining (ishlab chiqarish resursining) sarfini 1% ga ko'paytirish ishlab chiqiladigan mahsulot hajmining a_i % ga ko'paytiradi.

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

$$A = a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n, \quad (11.18)$$

Agar iqtisodiy o'sishning barcha omillari k marta o'zgarsa ishlab chiqiladigan mahsulotning miqdori quyidagicha bo'ladi.

$$N' = a_0 (kF_1)^{a_1} \cdot (kF_2)^{a_2} \cdot (kF_3)^{a_3} \dots (kF_n)^{a_n} =$$

$$= k^{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n} \cdot F_1^{a_1} \cdot F_2^{a_2} \cdot F_3^{a_3} \dots F_n^{a_n} = k^A N, \quad (11.19)$$

bunda $A=1$, $A>1$ va $A<1$ qiymatlarini qabul qilish mumkin.

Agar $A=1$ bo'lsa, ishlab chiqarish sarfini k marta ko'paytirish, ishlab chiqilgan mahsulotlar miqdorlarining ham k marta ko'payishiga sabab bo'ladi, demak, iqtisodiy o'sishning ham shuncha marta o'sishiga olib keladi.

Agar $A>1$ bo'lsa, ishlab chiqarish sarfining k marta ko'payishi ishlab chiqilgan mahsulot miqdorining k marta ko'proq ko'payishiga sabab bo'ladi, iqtisodiy o'sishning k marta ko'proq ko'payishiga olib keladi.

Agar $A<1$ bo'lishi ishlab chiqarish sarfining k marta ko'paytirish ishlab chiqilgan mahsulotning k marta ko'payishini ta'minlaydi, demak iqtisodiy o'sishning k marta ko'proq ko'payishiga sabab bo'ladi.

Iqtisodiy o'sish tahlilida ishlab chiqarishning sarflari bo'yicha elastikligidan tashqari biron-bir omilning sarfini bir birlikka ko'paytirganimizda va boshqa omillar o'zgarishsiz qolganda ishlab chiqilgan mahsulot miqdorining o'zgarishini ko'rsatuvchi differensiallashgan o'sish ko'rsatkichi ham mavjuddir.

Tahlilning ishlab chiqarish omillarining umumiy usuli, barcha omillarning bir vaqtda 1% o'zgarishi mahsulot miqdorining qanchaga o'zgarishini ko'rsatuvchi usuldir.

O'zaro almashuvning elastikligi omillarning differensiallashgan o'sishining 1%ga o'zgarishi bilan belgilanadi.

Texnik vositalari va ma'nolari bilan bir-biridan farq qiladigan yuqoridagi ishlab chiqarish funksiyalaridan quyidagilarni ko'rib chiqaylik.

Ishlab chiqarish funksiyalarini amalda birinchi marta AQSh yengil sanoatiga tegishli bo'lgan statistik ma'lumotlar asosida Ch.Kobb va P.Duglas tadqiq qilishib quyidagi ishlab chiqarish funksiyasini taklif qiladilar.

$$N = a_0 L^{a_1} \cdot K^{a_2}, \quad (11.20)$$

bunda N – ishlab chiqilgan mahsulot miqdori;

L – ishchi kuchi miqdori;

K – asosiy kapital.

Tenglama parametrlari boshlanishida $a_1 + a_2 = 1$ deb qabul qilinadi. Bu shart bo'yicha mahsulot ishlab chiqarishning ko'payishi iqtisodiy o'sish ish kuchining va kapitalning miqdoriy o'sishi bilan amalga oshadi degan xulosaga olib keladi. Umuman bu qandaydir ma'noda iqtisodiy to'g'ri, agar ishlab chiqarish korxonalar soni ortsa albatta mahsulotlar miqdori ham ortadi.

Ammo chuqur tahlil ishlab chiqarish hajmiga nisbatan omillar sarfi neytral munosabatda bo'lmashligini ta'kidlaydi. Ayrim tarmoqlarda (energetika, metallurgiya) korxonalar o'lchamining kattalashuvi, mehnat va kapital sarfini ko'payish yaxshi samara bersa, boshqa ko'p ishlab chiqarish tarmoqlarida (qishloq xo'jaligi, savdo, yengil sanoat) mehnat va kapital sarfining kengayishi ma'lum chegaralardan so'ng samaradorlikning pasayib ketishiga sabab bo'ladi. Agar ishlab chiqarish funksiyalari parametrlarini aniqlashda $a_1 + a_2 = 1$ sharti qo'yilsa natijasida tarmoq va tarmoqlar guruhlarida ishlab chiqarishlari kengayishining samaradorligini ko'rsatuvchi elastiklik koeffitsiyentiga ega bo'linadi, agar $a_1 + a_2 > 1$ bo'lsa, samaradorlik bor, o'suvchi, agar $a_1 + a_2 < 1$ bo'lsa, ishlab chiqarish korxonalari hajmining o'sishi samaradorlikning pasayishiga sabab bo'ladi.

Iqtisodiy o'sishda ishlab chiqarish resurslari hajmini ko'paytirish bilan bir qatorda texnika va texnologiyani takomillashtirish, ichshilar malakasini oshirish, ishlab chiqarishni to'g'ri tashkil qilish va boshqarish shu kabi omillarning ham ahamiyati katta bo'ladi.

Texnik progresslar ishlab chiqarish funksiyalarida vaqt davomida ishlab chiqarishning o'sishi tendensiyalari shakllarida beriladi. Shularni hisobga olgan Kobb-Duglas ishlab chiqarish funksiyasi quyidagi ko'rinishni oladi:

$$N = a_0 L^{a_1} \cdot K^{a_2} \cdot y e^{a_3 t}, \quad (11.21)$$

$e^{\lambda t}$ texnik progress bilan bog'liq ishlab chiqarishning vaqt davomida o'sish tendensiyasi.

Tahlilning yanada chuqurroq amalga oshirilishi texnik progressning moddiylashgan tarafini, mehnat va fondlari sifati yaxshilanganligi va ularning L , K larning miqdorlariga ta'sirini aniqlashga imkon beradi. Ishlab chiqarishning vaqt davomida o'sish tendensiyasi esa ishlab chiqarishni tashkil qilish va boshqarish samadorligi bilan belgilanadi.

Makrodarajadagi ishlab chiqarish funksiyalariga mehnat va kapital bilan bir qatorda tabiiy resurslardan foydalanish ham kiradi.

Ishlab chiqarish omillarining o'zgarmas elastikli o'zaro almashinish funksiyasi

$$N = a_0 [\delta L^{-p} + (1 - \delta) K^{-p}]^{-\frac{1}{p}}, (11.22)$$

bunda δ - ishlab chiqarish hajmini ko'paytirishda mehnat va kapital omillarining qatnashish nisbatining parametri;

p - o'rin almashuv elastikligiga bog'liq bo'lgan o'zaro almashuvning parametri;

a_0 - proporsionallik koeffitsiyenti.

Boshqa funksiyalarga qaraganda Errou, Cheneri, Minxas va Solou funksiyasida ilmiy-texnik taraqqiyotlari natijalari kengroq hisobga olinadi.

$$N = a_0 e^{\lambda t} [\delta L^{-p} + (1 - \delta) K^{-p}]^{-\frac{h}{p}}, (11.23)$$

h -ishlab chiqarish omillaridan olinadigan umumiy foyda.

11.1-masala. Quyidagi jadval ma'lumotlariga ko'ra Kobb-Duglas modeli yordamida ishlab chiqarish hajmining o'zgarishini tahlil qiling.

11.1-jadval

Yillar	Y	K	L
2007	515	306	99
2008	570	325	101
2009	610	350	110
2010	614	355	127
2011	652	402	142
2012	704	442	158
2013	707	458	163
2014	740	522	178
2015	774	528	134
2016	824	548	201
2017	860	558	240
2018	924	602	261
2019	1014	650	270
2020	1093	670	289
2021	1106	680	312

Kobb-Duglas modeli orqali ishlab chiqarish hajmining o'sishida ishlab chiqarish turli omillarining ulushini aniqlashga harakat qilinib, u quyidagicha ifodalanadi:

$$Y = AK^{\alpha} L^{\beta}, (11.6)$$

bu yerda: Y - ishlab chiqarish hajmi;

K - kapital sarflari;

L - ishchi kuchi sarflari;

A , α , β - ishlab chiqarish funksiyasining koeffitsiyentlari; $\alpha + \beta = 1$;

A - avtonom texnik taraqqiyot koeffitsiyenti;

α va β - ishlab chiqarish hajmining ishchi kuchi va kapital sarflari bo'yicha elastiklik koeffitsiyenti.

Masalaning yechilishi

Kobb-Duglas ishlab chiqarish funksiyasi koeffitsiyentlarini aniqlash

Kobb-Duglas modeli orqali ishlab chiqarish hajmining o'sishida ishlab chiqarish turli omillarining ulushini aniqlashga harakat qilinib, u quyidagicha ifodalanadi:

$$Y = AK^{\alpha} L^{\beta}$$

tenglamani natural logarifmlaymiz va quyidagi tenglamani hosil qilamiz:

$$\ln Y = \ln(AK^{\alpha} \cdot L^{\beta}) = \ln A + \ln K^{\alpha} + \ln L^{\beta} = \ln A + \alpha \cdot \ln K + \beta \cdot \ln L$$

Xullas, quyidagi tengikka ega bo'ldik:

$$\ln Y = \ln A + \alpha \cdot \ln K + \beta \cdot \ln L$$

Berilgan ma'lumotlar asosida quyidagi jadvalni hosil qilamiz:

11.2-jadval.

Oylar	Y	K	L	ln(Y)	ln(K)	ln(L)
2007	515	306	99	6,24	5,72	4,60
2008	570	325	101	6,35	5,78	4,62
2009	610	350	110	6,41	5,86	4,70
2010	614	355	127	6,42	5,87	4,84
2011	652	402	142	6,48	6,00	4,96
2012	704	442	158	6,56	6,09	5,06
2013	707	458	163	6,56	6,13	5,09
2014	740	522	178	6,61	6,26	5,18
2015	774	528	134	6,65	6,27	4,90
2016	824	548	201	6,71	6,31	5,30
2017	860	558	240	6,76	6,32	5,48
2018	924	602	261	6,83	6,40	5,56
2019	1014	650	270	6,92	6,48	5,60
2020	1093	670	289	7,00	6,51	5,67
2021	1106	680	312	7,01	6,52	5,74

Bu erda ko'zatishlar soni $n=15$ ta, $Y1=\ln(Y)$, $K1=\ln(K)$, $L1=\ln(L)$ ekanligidan yangi jadval hosil qilamiz:

11.3-jadval

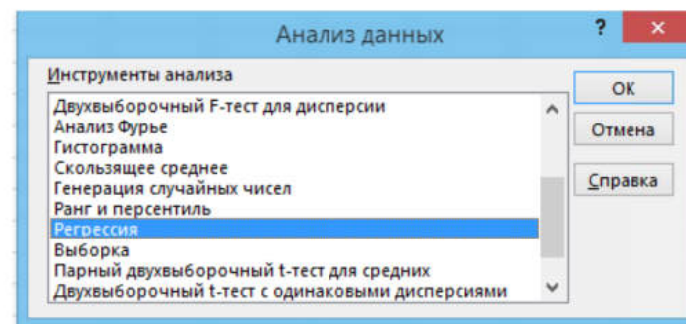
n	Y1	K1	L1
1	6,24	5,72	4,60
2	6,35	5,78	4,62
3	6,41	5,86	4,70
4	6,42	5,87	4,84
5	6,48	6,00	4,96
6	6,56	6,09	5,06
7	6,56	6,13	5,09
8	6,61	6,26	5,18
9	6,65	6,27	4,90
10	6,71	6,31	5,30
11	6,76	6,32	5,48
12	6,83	6,40	5,56
13	6,92	6,48	5,60
14	7,00	6,51	5,67
15	7,01	6,52	5,74

$A1=\ln(A)$, α va β lar ni logarifm bo'yich aniqlash uchun Excel elektron jadvalidan topamiz:

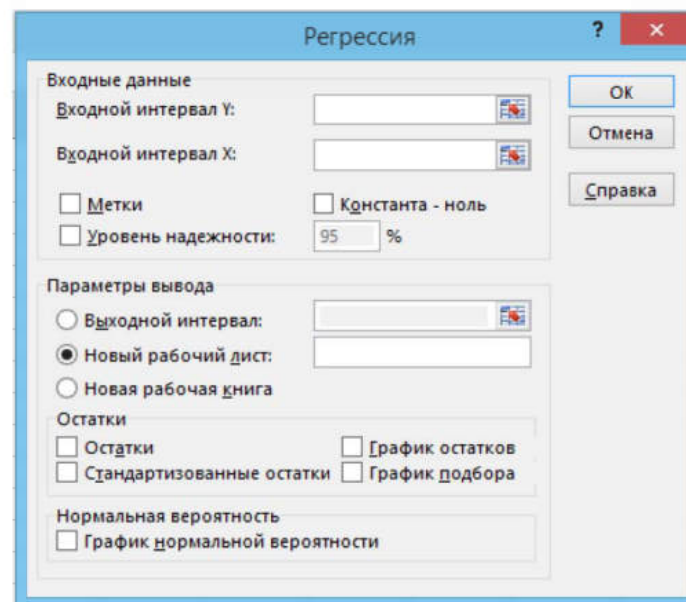
1. 2-jadval ma'lumotlrini kiritamiz:

	A	B	C	D
1				
2	n	Y1	K1	L1
3	1	6,24	5,72	4,60
4	2	6,35	5,78	4,62
5	3	6,41	5,86	4,70
6	4	6,42	5,87	4,84
7	5	6,48	6,00	4,96
8	6	6,56	6,09	5,06
9	7	6,56	6,13	5,09
10	8	6,61	6,26	5,18
11	9	6,65	6,27	4,90
12	10	6,71	6,31	5,30
13	11	6,76	6,32	5,48
14	12	6,83	6,40	5,56
15	13	6,92	6,48	5,60
16	14	7,00	6,51	5,67
17	15	7,01	6,52	5,74
18				

2. **Данные** → **Анализ данных** bosilganda uyidagi muloqot oynasi hosil bo'ladi:



3. **ОК** bosilganda uyidagi muloqot oynasi hosil bo'ladi:



4. Входной интервал Y: ga Y1 ning qiymatlari va

Входной интервал X: ga K1 va L1 ning qiymatlari kiritiladi

hamda OK bosilganda quyidagi muloqot oynasi hosil bo'ladi:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Вывод итогов								
2									
3	Регрессионная статистика								
4	Множественный R	0,584307							
5	R-квадрат	0,369344							
6	Исправленный R-к	0,364813							
7	Стандартная ошибка	0,044267							
8	Наблюдения	13							
9									
10	Дисперсионный анализ								
11		df	SS	MS	F	Значимость F			
12	Регрессия	2	0,756088073	0,378044037	182,9676	7,32E-10			
13	Остаток	12	0,023509279	0,001959107					
14	Итого	14	0,779597353						
15									
16	Коэффициент стандартной ошибки t-статистика t-значения 95% доверия 95% доверия 95% доверия								
17	Y-пересечение	2,117778	0,415301939	5,099368692					
18	Переменная X 1	0,539638	0,13792169	3,912637015					
19	Переменная X 2	0,230446	0,095402935	2,415502546					

1-rasm.

1-rasmning quyidagi qismida

	Коэффициент	стандартная ошибка	t-статистика	t
17 Y-пересечение	2,117778	0,415301939	5,099368692	
18 Переменная X 1	0,539638	0,13792169	3,912637015	
19 Переменная X 2	0,230446	0,095402935	2,415502546	

Bynda Y-пересечение 2,117778 A1 ga teng,
Переменная X 1 0,539638 α ga,

Переменная X 2 0,230446 β ga teng ekanligi kelib chiqdi.

Natijaviy y ni hisoblash uchun quyidagicha amalga oshiramiz:

$$\hat{y}_1 = 2,117 + 0,54 \cdot 5,72 + 0,23 \cdot 4,6 = 6,27;$$

$$\hat{y}_2 = 2,117 + 0,54 \cdot 6,35 + 0,23 \cdot 4,62 = 6,30;$$

$$\dots\dots\dots$$

$$\hat{y}_3 = 2,117 + 0,54 \cdot 6,52 + 0,23 \cdot 5,74 = 6,96.$$

Hisoblash natijalari quyidagi 11.4-jadvalda keltirilgan.

11.4-jadval

n	Y1	K1	L1	Ytul
1	6,24	5,72	4,60	6,27
2	6,35	5,78	4,62	6,30
3	6,41	5,86	4,70	6,36
4	6,42	5,87	4,84	6,40
5	6,48	6,00	4,96	6,50
6	6,56	6,09	5,06	6,57
7	6,56	6,13	5,09	6,60
8	6,61	6,26	5,18	6,69
9	6,65	6,27	4,90	6,63
10	6,71	6,31	5,30	6,74
11	6,76	6,32	5,48	6,79
12	6,83	6,40	5,56	6,85
13	6,92	6,48	5,60	6,90
14	7,00	6,51	5,67	6,94
15	7,01	6,52	5,74	6,96

11.4-jadvalda keltirilgan Ytul ustunni potentsiallab 11.5-jadvalni 11.3-jadvaldan foydalanib hosil qilamiz:

11.5-jadval

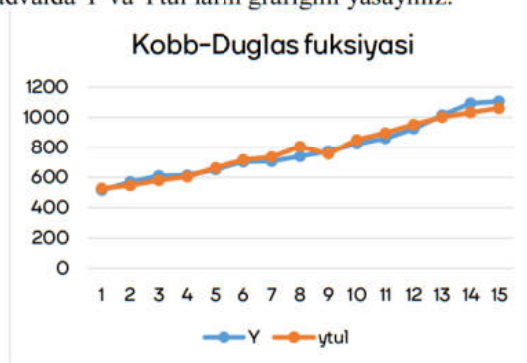
Yil	Y	K	L	ytul
1	2	3	4	5
2007	515	306	99	526,56
2008	570	325	101	546,32
2009	610	350	110	580,03
2010	614	355	127	604,92
2011	652	402	142	663,81
2012	704	442	158	716,26
2013	707	458	163	735,41
2014	740	522	178	805,21
2015	774	528	134	756,78
2016	824	548	201	850,73
2017	860	558	240	896,27
2018	924	602	261	952,15
2019	1014	650	270	999,90
2020	1093	670	289	1032,85
2021	1106	680	312	1060,32

11.5-jadvalning 1-2 va 11.6-ustunidan 11.7-jadvalni hosil qilamiz:

11.7-jadval

yil	Y	ytul
2007	515	526,56
2008	570	546,32
2009	610	580,03
2010	614	604,92
2011	652	663,81
2012	704	716,26
2013	707	735,41
2014	740	805,21
2015	774	756,78
2016	824	850,73
2017	860	896,27
2018	924	952,15
2019	1014	999,90
2020	1093	1032,85
2021	1106	1060,32

6-jadvalda Y va Ytul larni grafigini yasaymiz:



2-rasm.

2-rasmdan ko'rinib turibdiki, hosil qilingan ishlab chiqarish funksiyasi Y omilning qiymatlari bilan mos tushmoqda.

11.2-masala. Quyidagi jadval ma'lumotlariga ko'ra Kobb-Duglas modeli yordamida ishlab chiqarish hajmining o'zgarishini tahlil qiling.

11.8-jadval

N	Y	K	L
1	4590	475	405
2	8900	465	590
3	9840	502	350
4	6760	424	208
5	9850	555	625
6	8840	760	602

Kobb-Duglas modeli orqali ishlab chiqarish hajmining o'sishida ishlab chiqarish turli omillarining ulushini aniqlashga harakat qilinib, u quyidagicha ifodalanadi:

$$Y = AK^{\alpha}L^{\beta}, (11.6)$$

bu yerda: Y – ishlab chiqarish hajmi;

K – kapital sarflari;

L – ishchi kuchi sarflari;

A, α , β - ishlab chiqarish funksiyasining koeffitsiyentlari;
 $\alpha + \beta = 1$;

A – avtonom texnik taraqqiyot koeffitsiyenti;

α va β - ishlab chiqarish hajmining ishchi kuchi va kapital sarflari bo'yicha elastiklik koeffitsiyenti.

Masalaning yechilishi. Kobb-Duglas modeli orqali ishlab chiqarish hajmining o'sishida ishlab chiqarish turli omillarining ulushini aniqlashga harakat qilinib, u quyidagicha ifodalanadi:

$$Y = AK^{\alpha}L^{\beta}$$

tenglamani natural logarifmlaymiz va quyidagi tenglamani hosil qilamiz:

$$\ln Y = \ln(AK^{\alpha} \cdot L^{\beta}) = \ln A + \ln K^{\alpha} + \ln L^{\beta} = \ln A + \alpha \cdot \ln K + \beta \cdot \ln L$$

Xullas, quyidagi tengikka ega bo'ldik:

$$Y_1 = \ln Y = \ln A + \alpha \cdot \ln K + \beta \cdot \ln L$$

Berilgan ma'lumotlar asosida quyidagi jadvalni hosil qilamiz:

11.9-jadval

N	Y	K	L	Y1	K1	L1
1	4590	475	405	8,43	6,16	6,00
2	8900	465	590	9,09	6,14	6,38
3	9840	502	350	9,19	6,22	5,86
4	6760	424	208	8,82	6,05	5,34
5	9850	555	625	9,20	6,32	6,44
6	8840	760	602	9,09	6,63	6,40

Bu erda ko'zatishlar soni $n=15$ ta, $A_1=\ln A$, $Y_1=\ln(Y)$, $K_1=\ln(K)$, $L_1=\ln(L)$ ekanligidan yangi jadval hosil qilamiz:

11.10-jadval

N	Y1	K1	L1
1	8,43	6,16	6,00
2	9,09	6,14	6,38
3	9,19	6,22	5,86
4	8,82	6,05	5,34
5	9,20	6,32	6,44
6	9,09	6,63	6,40

A_1 , α va β lar ni logarifm bo'yich aniqlash uchun Excel elektron jadvalidan topamiz. Buning uchun "EKKU" dan foydalanamiz.

$$\begin{cases} nA + \alpha \cdot \sum \ln K + \beta \cdot \sum \ln L = \sum \ln Y \\ A \cdot \sum \ln K + \alpha \cdot \sum \ln^2(K) + \beta \cdot \sum \ln K \cdot \ln L = \sum \ln Y \cdot \ln K \\ A \cdot \sum \ln L + \alpha \cdot \sum \ln K \cdot \ln L + \beta \cdot \sum \ln^2 L = \sum \ln Y \cdot \ln L \end{cases} (*)$$

Bu (*) tenglamalar tizimi uchun 11.10-jadval ma'lumotlariga ko'ra 11.11-jadval ma'lumotlarini hosil qilamiz.

11.11-jadval

N	ln(Y)	ln(K)	ln(L)	ln(K)·ln(L)	ln(Y)·ln(K)	ln(Y)·ln(L)	ln(K) ²	ln(L) ²	ln(Y) ²
1	8,43	6,16	6,00	37,00	51,97	50,62	37,99	36,05	71,09
2	9,09	6,14	6,38	39,19	55,85	58,02	37,72	40,71	82,70
3	9,19	6,22	5,86	36,43	57,18	53,86	38,67	34,32	84,53
4	8,82	6,05	5,34	32,29	53,35	47,07	36,60	28,49	77,77
5	9,20	6,32	6,44	40,68	58,10	59,20	39,93	41,44	84,55
6	9,09	6,63	6,40	42,45	60,28	58,16	44,00	40,96	82,57
summa	53,82	37,53	36,42	228,04	336,73	326,93	234,91	221,97	483,22
o'rtacha	8,97	6,25	6,07						

(*) tenglamalar tizimi uchun 4-jadval ma'lumotlariga ko'ra quyidagi tenglamalar tizimini hosil qilamiz:

$$\begin{cases} 6 \cdot A_1 + 37,53 \cdot \alpha + 36,42 \cdot \beta = 53,82 \\ 37,53 \cdot A_1 + 234,91 \cdot \alpha + 228,04 \cdot \beta = 336,73 \\ 36,42 \cdot A_1 + 228,04 \cdot \alpha + 221,97 \cdot \beta = 326,93 \end{cases}$$

Tenglamalar tizimini Kramer usuli bilan yechamiz:

$$\begin{aligned} D &= \begin{vmatrix} 6 & 37,52597 & 36,41749 \\ 37,52597 & 234,9116 & 228,0445 \\ 36,41749 & 228,0445 & 221,9653 \end{vmatrix} = 0,715153 \\ DA_1 &= \begin{vmatrix} 53,8207 & 37,52597 & 36,41749 \\ 336,7293 & 234,9116 & 228,0445 \\ 326,9278 & 228,0445 & 221,9653 \end{vmatrix} = 4,230784 \\ D\alpha &= \begin{vmatrix} 6 & 53,8207 & 36,41749 \\ 37,52597 & 336,7293 & 228,0445 \\ 36,41749 & 326,9278 & 221,9653 \end{vmatrix} = 0,219145 \\ D\beta &= \begin{vmatrix} 6 & 37,52597 & 53,8207 \\ 37,52597 & 234,9116 & 336,7293 \\ 36,41749 & 228,0445 & 326,9278 \end{vmatrix} = 0,134049 \end{aligned}$$

A , α va β larni hisoblaymiz:

$$A_1 = \ln A = \frac{DA}{D} = 5,91591; \quad \alpha = \frac{D\alpha}{D} = 0,30643; \quad \beta = \frac{D\beta}{D} = 0,18744.$$

Bu qiymatlarni berilgan $Y = AK^\alpha L^\beta$ formulaga qo'yish uchun $\ln A = A_1$ ekanligi va $A = e^{A_1} = \exp(A_1) = \exp(5,91691) = 370,892$ bo'lganligi sababli ishlab chiqarish funksiyasining umumiy ko'rinishi quyidagicha bo'ldi:

$$Y = 370,892 \cdot K^{0,31} L^{0,18}$$

Natijaviy y ni hisoblash uchun quyidagicha amalga oshiramiz:

$$\begin{aligned} \tilde{y}_1 &= 370,89 \cdot 475^{0,31} \cdot 405^{0,18} = 7554,61; \\ \tilde{y}_2 &= 370,89 \cdot 465^{0,31} \cdot 590^{0,18} = 8053,93; \\ \tilde{y}_3 &= 370,89 \cdot 502^{0,31} \cdot 350^{0,18} = 7476,33; \\ \tilde{y}_4 &= 370,89 \cdot 424^{0,31} \cdot 208^{0,18} = 6439,51; \\ \tilde{y}_5 &= 370,89 \cdot 555^{0,31} \cdot 625^{0,18} = 8594,99; \\ \tilde{y}_6 &= 370,89 \cdot 760^{0,31} \cdot 602^{0,18} = 9397,82. \end{aligned}$$

Hisoblash natijalari quyidagi 3-jadvalda keltirilgan.

3-jadval.

N	Y	$Y = 370,892 \cdot K^{0,31} L^{0,18}$
1	4590	7554,611
2	8900	8053,93
3	9840	7476,325
4	6760	6439,507
5	9850	8594,987
6	8840	9397,818

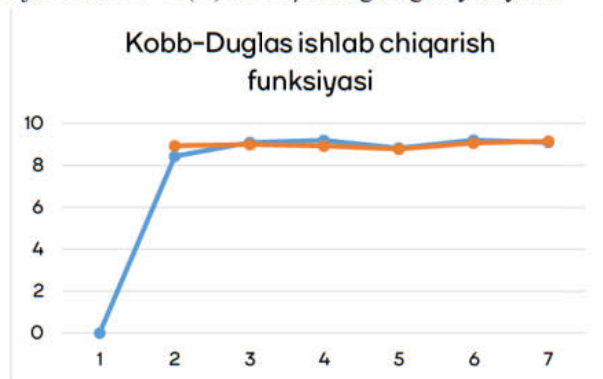
Endi $\tilde{Y}_i = \ln Y + \alpha \cdot \ln K + \beta \cdot \ln L$ ni hisoblash uchun quyidagicha amalga oshiramiz:

$$\begin{aligned} \tilde{Y}_1 &= 5,8 + 0,31 \cdot 6,16 + 0,18 \cdot 6 = 8,93; \\ \tilde{Y}_2 &= 5,8 + 0,31 \cdot 6,14 + 0,18 \cdot 6,38 = 8,99; \\ \tilde{Y}_3 &= 5,8 + 0,31 \cdot 6,22 + 0,18 \cdot 5,86 = 8,92; \\ \tilde{Y}_4 &= 5,8 + 0,31 \cdot 6,05 + 0,18 \cdot 5,34 = 8,77; \\ \tilde{Y}_5 &= 5,8 + 0,31 \cdot 6,32 + 0,18 \cdot 6,44 = 9,06; \\ \tilde{Y}_6 &= 5,8 + 0,31 \cdot 6,63 + 0,18 \cdot 6,40 = 9,15. \end{aligned}$$

Bu ma'lumotlar asosida 4-jadvalni tuzavbuz:

N	$\tilde{Y}_i$	$\tilde{Y}_i$
1	8,43	8,93
2	9,09	8,99
3	9,19	8,92
4	8,82	8,77
5	9,20	9,06
6	9,09	9,15

3-jadvalda $YI=\ln(Y)$ va $\tilde{Y}I_1$ larni grafigini yasaymiz:



3-rasm.

3-rasmdan ko'rinib turibdiki, hosil qilingan ishlab chiqarish funksiyasi Y omilning qiymatlari bilan mos tushmoqda.

11.3-masala. Quyidagi jadval ma'lumotlariga ko'ra Kobb-Duglas modeli yordamida ishlab chiqarish hajmining o'zgarishini tahlil qiling.

Yillar	Y	K	L
2007	515	306	99
2008	570	325	101
2009	610	350	110
2010	614	355	127
2011	652	402	142
2012	704	442	158
2013	707	458	163
2014	740	522	178
2015	774	528	134
2016	824	548	201
2017	860	558	240
2018	924	602	261
2019	1014	650	270
2020	1093	670	289
2021	1106	680	312

Quyidagilar bajarilsin:

1. Kobb-Duglas ishlab chiqarish funksiyasining parametrlarini aniqlash;
2. Kobb-Duglas ishlab chiqarish funksiyasining adekvatligini tekshirish;
3. O'rtacha samaradorlikni aniqlash;
4. So'nggi (chegaraviy-limitik) samaradorlikni aniqlash;
5. Resurslar ishlab chiqarish elastikligini aniqlash;
6. Resurslar almashtirish normasini aniqlash.

Masalaning yechilishi

1. Kobb-Duglas ishlab chiqarish funksiyasining parametrlarini aniqlash

Kobb-Duglas modeli orqali ishlab chiqarish hajmining o'sishida ishlab chiqarish turli omillarining ulushini aniqlashga harakat qilinib, u quyidagicha ifodalanadi:

$$Y = AK^\alpha L^\beta, (11.6)$$

bu yerda: Y – ishlab chiqarish hajmi;

K – kapital sarflari;

L – ishchi kuchi sarflari;

A, α, β – ishlab chiqarish funksiyasining koeffitsiyentlari; $\alpha + \beta = 1$;

A – avtonom texnik taraqqiyot koeffitsiyenti;

α va β – ishlab chiqarish hajmining ishchi kuchi va kapital sarflari bo'yicha elastiklik koeffitsiyenti.

Kobb-Duglas modeli orqali ishlab chiqarish hajmining o'sishida ishlab chiqarish turli omillarining ulushini aniqlashga harakat qilinib, u quyidagicha ifodalanadi:

$$Y = AK^\alpha L^\beta$$

tenglamani natural logarifmlaymiz va quyidagi tenglamani hosil qilamiz:

$$\ln Y = \ln(AK^\alpha L^\beta) = \ln A + \alpha \ln K + \beta \ln L$$

Xullas, quyidagi tengikka ega bo'ldik:

$$\ln Y = \ln A + \alpha \ln K + \beta \ln L, (11.8)$$

Regressiya tenglamasini $\ln \tilde{Y} = \ln A + \alpha \ln K + \beta \ln L$ ko'rinishida izlaymiz.

$\ln A = A_1$ deb belgilaymiz. Eng kichik kvadratlar usuliga ko'ra

$$S = \sum (\ln(Y) - \ln(\tilde{Y}))^2 \rightarrow \min$$

dan quyidagini hosil qilamiz:

$$S = \sum (\ln(Y) - A_1 - \alpha \ln(K) - \beta \ln(L))^2 \rightarrow \min, (11.9)$$

(3) formuladan A_1, α, β lar bo'yicha xususiy hosila olamiz va nolga tenglashtiramiz:

$$\frac{\partial S}{\partial A_1} = 2 \sum (\ln(Y) - A_1 - \alpha \ln(K) - \beta \ln(L)) \cdot (-1) = 0$$

$$\frac{\partial S}{\partial \alpha} = 2 \sum (\ln(Y) - A_1 - \alpha \ln(K) - \beta \ln(L)) \cdot (-\ln(K)) = 0$$

$$\frac{\partial S}{\partial \beta} = 2 \sum (\ln(Y) - A_1 - \alpha \ln(K) - \beta \ln(L)) \cdot (-\ln(L)) = 0$$

Xususiy hosialarni ixchamlab quyidagi tenglamalar tizimiga ega bo'lamiz:

$$\begin{cases} nA_1 + \alpha \sum \ln(K) + \beta \sum \ln(L) = \sum \ln(Y) \\ A_1 \sum \ln(K) + \alpha \sum \ln^2(K) + \sum \ln(K) \cdot \ln(L) = \sum \ln(Y) \cdot \ln(K), (11.10) \\ A_1 \sum \ln(L) + \alpha \sum \ln(K) \cdot \ln(L) + \sum \ln^2(L) = \sum \ln(Y) \cdot \ln(L) \end{cases}$$

Berilgan ma'lumotlar asosida quyidagi jadvalni hosil qilamiz:

2-jadval.

Oylar	Y	K	L	ln(Y)	ln(K)	ln(L)
2007	515	306	99	6.24	5.72	4.60
2008	570	325	101	6.35	5.78	4.62
2009	610	350	110	6.41	5.86	4.70
2010	614	355	127	6.42	5.87	4.84
2011	652	402	142	6.48	6.00	4.96
2012	704	442	158	6.56	6.09	5.06
2013	707	458	163	6.56	6.13	5.09
2014	740	522	178	6.61	6.26	5.18
2015	774	528	134	6.65	6.27	4.90
2016	824	548	201	6.71	6.31	5.30
2017	860	558	240	6.76	6.32	5.48
2018	924	602	261	6.83	6.40	5.56
2019	1014	650	270	6.92	6.48	5.60
2020	1093	670	289	7.00	6.51	5.67
2021	1106	680	312	7.01	6.52	5.74

A, α va β lar ni logarifm bo'yich aniqlash uchun Excel quyidagi jadvalni to'ldiramiz:

3-jadval.

Yil	N	ln(Y)	ln(K)	ln(L)	ln(Y)·ln(K)	ln(Y)·ln(L)	ln(K)·ln(L)	(ln(K)) ²	(ln(L)) ²
2007	1	6.24	5.72	4.60	35.74	28.69	26.30	32.76	21.12
2008	2	6.35	5.78	4.62	36.70	29.29	26.69	33.45	21.30
2009	3	6.41	5.86	4.70	37.57	30.15	27.54	34.32	22.09
2010	4	6.42	5.87	4.84	37.70	31.10	28.45	34.48	23.47
2011	5	6.48	6.00	4.96	38.86	32.11	29.72	35.96	24.56
2012	6	6.56	6.09	5.06	39.94	33.19	30.84	37.10	25.63
2013	7	6.56	6.13	5.09	40.20	33.42	31.21	37.54	25.95
2014	8	6.61	6.26	5.18	41.34	34.23	32.43	39.16	26.85
2015	9	6.65	6.27	4.90	41.70	32.58	30.71	39.30	23.99
2016	10	6.71	6.31	5.30	42.34	35.61	33.44	39.77	28.13
2017	11	6.76	6.32	5.48	42.73	37.03	34.66	40.00	30.04
2018	12	6.83	6.40	5.56	43.71	38.00	35.61	40.96	30.96
2019	13	6.92	6.48	5.60	44.83	38.75	36.26	41.95	31.36
2020	14	7.00	6.51	5.67	45.53	39.65	36.87	42.34	32.11
2021	15	7.01	6.52	5.74	45.71	40.25	37.46	42.54	32.98
yig'indi		99.51	92.52	77.30	614.60	514.05	478.18	571.63	400.51
o'rtacha		6.63	6.17	5.15	40.97	34.27	31.88	38.11	26.70

3-jadval ma'lumotlrini mos ravishda (11.10) tenglamalar tizimiga qo'yib quyidagi tenglamalar tizimini hosil qilamiz :

$$\begin{cases} 15A_1 + 92,62\alpha + 77,3\beta = 99,51 \\ 92,52A_1 + 571,63\alpha + 478,18\beta = 614,6 \\ 77,3A_1 + 478,18\alpha + 400,51\beta = 514,05 \end{cases} \quad (11.11)$$

(11.11) tenglamalar tizimini Kramer usuli bilan yechamiz:

$$D = \begin{vmatrix} 15 & 92,52 & 77,30 \\ 92,52 & 571,63 & 478,18 \\ 77,30 & 478,18 & 400,51 \end{vmatrix} = 3,29$$

$$DA_1 = \begin{vmatrix} 99,51 & 92,52 & 77,30 \\ 614,60 & 571,63 & 478,18 \\ 514,05 & 478,18 & 400,51 \end{vmatrix} = 6,96$$

$$D_{\alpha} = \begin{vmatrix} 15 & 99,51 & 77,30 \\ 92,51609 & 614,60 & 478,18 \\ 77,30302 & 514,05 & 400,51 \end{vmatrix} = 1,77$$

$$D_{\beta} = \begin{vmatrix} 15 & 92,52 & 99,51 \\ 92,51609 & 571,63 & 614,60 \\ 77,30302 & 478,18 & 514,05 \end{vmatrix} = 0,76$$

Byndan

$$A_1 = \frac{DA_1}{D} = \frac{6,96}{3,29} = 2,12 ;$$

$$\alpha = \frac{D_{\alpha}}{D} = \frac{1,77}{3,29} = 0,54 ;$$

$$\beta = \frac{D_{\beta}}{D} = \frac{0,76}{3,29} = 0,23 .$$

Xullas, regressiya tenglamasi quyidagicha bo'ldi:

$$\ln(\tilde{y}) = 2,12 + 0,54K + 0,23L, (11.12)$$

Endi $\ln(\tilde{y}) = 2,12 + 0,54K + 0,23L$ bo'yicha qiymatlarni topamiz va $\ln(Y)$ ning qiymatlari bilan taqqoslaymiz:

$$\tilde{y}_1 = 2,12 + 0,54 \cdot 5,72 + 0,23 \cdot 4,6 = 6,27 ;$$

$$\tilde{y}_2 = 2,12 + 0,54 \cdot 6,35 + 0,23 \cdot 4,62 = 6,30 ;$$

$$\dots\dots\dots$$

$$\tilde{y}_{15} = 2,12 + 0,54 \cdot 6,52 + 0,23 \cdot 5,74 = 6,96 .$$

Hisoblash natijalari quyidagi 4-jadvalda keltirilgan.

4-jadval.

n	Ln(Y)	Ln(K)	Ln(L)	ln($\tilde{y}$)
1	6,24	5,72	4,60	6,27
2	6,35	5,78	4,62	6,30
3	6,41	5,86	4,70	6,36
4	6,42	5,87	4,84	6,40
5	6,48	6,00	4,96	6,50
6	6,56	6,09	5,06	6,57
7	6,56	6,13	5,09	6,60
8	6,61	6,26	5,18	6,69
9	6,65	6,27	4,90	6,63
10	6,71	6,31	5,30	6,74
11	6,76	6,32	5,48	6,79
12	6,83	6,40	5,56	6,85
13	6,92	6,48	5,60	6,90
14	7,00	6,51	5,67	6,94
15	7,01	6,52	5,74	6,96

4-jadvalda keltirilgan Ytul ustunni potensiarlab $\tilde{y} = e^{2,12} \cdot K^{0,54} \cdot L^{0,23}$ yoki $\tilde{y} = 8,33 \cdot K^{0,54} \cdot L^{0,23}$ dan foydalanib va 5-jadvalni 2-jadvaldan foydalanib hosil qilamiz:

5-jadval.

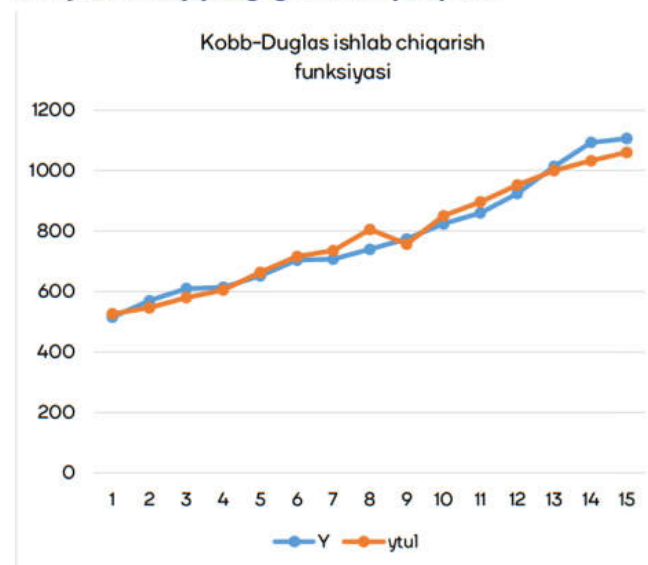
Yil	Y	K	L	$\tilde{y}$
2007	515	306	99	526,56
2008	570	325	101	546,32
2009	610	350	110	580,03
2010	614	355	127	604,92
2011	652	402	142	663,81
2012	704	442	158	716,26
2013	707	458	163	735,41
2014	740	522	178	805,21
2015	774	528	134	756,78
2016	824	548	201	850,73
2017	860	558	240	896,27
2018	924	602	261	952,15
2019	1014	650	270	999,90
2020	1093	670	289	1032,85
2021	1106	680	312	1060,32

4-jadvalning 1-2 va 5-ustunidan 5-jadvalni hosil qilamiz:

6-jadval.

Yil	Y	$\tilde{y}$
2007	515	526,56
2008	570	546,32
2009	610	580,03
2010	614	604,92
2011	652	663,81
2012	704	716,26
2013	707	735,41
2014	740	805,21
2015	774	756,78
2016	824	850,73
2017	860	896,27
2018	924	952,15
2019	1014	999,90
2020	1093	1032,85
2021	1106	1060,32

6-jadval ma'lumotlariga ($\tilde{y} = 8,33 \cdot K^{0,54} \cdot L^{0,23}$) ko'ra Excel elektron jadvalida quyidagi grafiklarni yasaymiz.

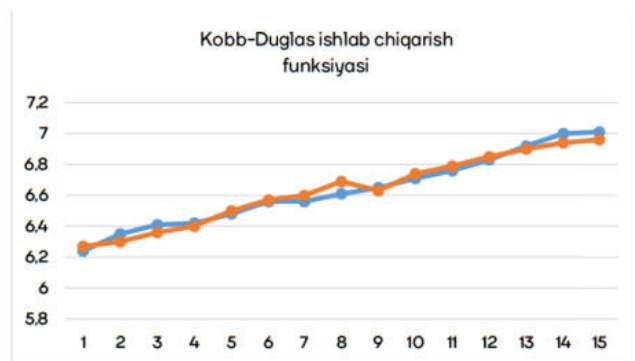


ln(Y) va ln($\tilde{y}$) larni grafisini yasash uchun ($\ln(\tilde{y}) = 2,12 + 0,54K + 0,23L$) quyidagi 7-jadvalni hosil qilamiz:

7-jadval.

n	Ln(Y)	ln($\tilde{y}$)
1	6,24	6,27
2	6,35	6,30
3	6,41	6,36
4	6,42	6,40
5	6,48	6,50
6	6,56	6,57
7	6,56	6,60
8	6,61	6,69
9	6,65	6,63
10	6,71	6,74
11	6,76	6,79
12	6,83	6,85
13	6,92	6,90
14	7,00	6,94
15	7,01	6,96

7-jadval ma'lumotlariga ko'ra Excel elektron jadvalida quyidagi grafiklarni yasaymiz.



2-rasm.

2-rasmdan ko'rinib turibdiki, hosil qilingan ishlab chiqarish funksiyasi Y omilning qiymatlari bilan mos tushmoqda.

2. Kobb-Duglas ishlab chiqarish funksiyasining adekvatligini tekshirish

Kobb-Duglas ishlab chiqarish funksiyasi ning adekvatligini tekshirish uchun Fisher mezoniga asosan

$$F_{his} = \frac{\sum (\tilde{y} - \bar{y})^2}{p} \cdot \frac{n-p-1}{\sum (y - \tilde{y})^2}$$

hisoblanadi. Keyin Fisher mezoni bo'yicha $F_{jad}(0,05; k_1=p; k_2=n-p-1)$ ning qiymati jadvaldan topiladi. Bu yerda p-paramerlar soni, n-kuzatishlar soni.

Agar $F_{his} > F_{jad}$ bo'lsa, Kobb-Duglas ishlab chiqarish funksiyasi $\tilde{y} = 8,33 \cdot K^{0,54} \cdot L^{0,23}$ ning adekvatligi aniqlangan bo'ladi. Aks holda adekvativ emas.

Hisoblashlarni amalga oshirish uchun quyidagi jadvalni tuzamiz.

8-jadval.

Yil	N	Y	$\bar{y} = y_{to1}$	$(y_{to1} - y_{orto})^2$	$(y_{to1} - \bar{y})^2$	$(y - y_{orto})^2$
2007	1	515	526,03	64735,93	121,75	70472,55
2008	2	570	545,93	55009,45	579,57	44296,22
2009	3	610	579,49	40392,36	930,97	29058,88
2010	4	614	603,60	31280,81	108,10	27711,15
2011	5	652	662,31	13960,19	106,37	16503,68
2012	6	704	714,46	4356,41	109,49	5847,15
2013	7	707	733,55	2200,84	705,09	5397,35
2014	8	740	803,33	522,94	4011,27	1637,55
2015	9	774	757,11	545,66	285,36	4182
2016	10	824	848,11	4575,12	581,11	1895,15
2017	11	860	892,15	12472,42	1033,41	6325,55
2018	12	924	947,59	27929,08	556,33	20601,82
2019	13	1014	995,38	46189,67	346,54	54537,82
2020	14	1093	1027,78	61162,86	4253,92	97677,08
2021	15	1106	1054,47	75079,20	2655,08	105971,95
yig'indi		11707	11691,30	440412,94	16384,37	487975,73
o'rtacha		780,4667	779,42			

$$F_{his} = \frac{440412,94}{2} \cdot \frac{15-2-1}{16384,37} = 21,5 \text{ ekanligi}$$

kelib chiqdi.

7-ilovaga ko'ra $k_1=2$ va $k_2=15-2-1=12$.bunga asosan Kobb-Duglas ishlab chiqarish funksiyasi $\tilde{y} = 8,33 \cdot K^{0,54} \cdot L^{0,23}$ ekanligi kelib chiqdi. Excel jadval prossoridan $=F.OBR.PX(0,05;2;12)=3,88$; 7-ilovaga ko'ra formulaga ko'ra $F_{jad}=3,88$ teng ekanligi kelib chiqdi.

Kobb-Duglas ishlab chiqarish funksiyasi $\tilde{y} = 8,33 \cdot K^{0,54} \cdot L^{0,23}$ ning adekvatligini tekshirish uchun Fisher mezoniga asosan $F_{his} > F_{jad}$ ekanligini aniqladik. Bu esa Kobb-Duglas ishlab chiqarish funksiyasi $\tilde{y} = 8,33 \cdot K^{0,54} \cdot L^{0,23}$ ning adekvatligini tasdiqlaydi.

Demak, Kobb-Duglas ishlab chiqarish funksiyasi $\tilde{y} = 8,33 \cdot K^{0,54} \cdot L^{0,23}$ muhim, boshqacha qilib aytganda ma'nodor.

9-jadval.

Приложение 7

Критические точки распределения F Фишера — Снедекора

(k_1 — число степеней свободы большей дисперсии,
 k_2 — число степеней свободы меньшей дисперсии)

Уровень значимости $\alpha = 0,05$												
k_2	k_1											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	161	200	216	225	230	234	237	239	241	242	243	244
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,36	19,37	19,38	19,39	19,40	19,41
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,88	8,84	8,81	8,78	8,76	8,74
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00	5,96	5,93	5,91
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,78	4,74	4,70	4,68
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10	4,06	4,03	4,00
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,63	3,60	3,57
8	5,32	4,45	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,34	3,31	3,28
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,13	3,10	3,07
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,97	2,94	2,91
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90	2,86	2,82	2,79
12	4,75	3,88	3,49	3,26	3,11	3,00	2,92	2,85	2,80	2,76	2,72	2,69

Bu yerda $4 \cdot F_{his} = 4 \cdot 3,88 = 15,52$ va $F_{his} = 21,5$ ekanligidan $F_{his} > 4 \cdot F_{jad}$ shartning bajarilishi kelib chiqdi. $\tilde{y} = 8,33 \cdot K^{0,54} \cdot L^{0,23}$ funksiya bo'yicha keying yillar uchun prognoz qilish mumkin:

10-jadval.

Yil	N	y_{to1}	K	L
2022	16	1089,91	720	315
2023	17	1123,03	750	326
2024	18	1264,88	846	412
2025	19	1407,03	924	532
2026	20	1525,16	1005	620

Shunday qilib, prognoz natijalari 10-jadvalda keltirildi.

3. O'rtacha samaradorlikni aniqlash

O'rtacha samaradorlik quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\mu_K = AK^{\alpha-1}L^{\beta}; \quad \mu_L = AK^{\alpha}L^{\beta-1}.$$

Yillar	Y	K	L	muy-K	muy-L
2007	515	306	99	1,72	5,31
2008	570	325	101	1,68	5,41
2009	610	350	110	1,66	5,27
2010	614	355	127	1,70	4,75
2011	652	402	142	1,65	4,66
2012	704	442	158	1,62	4,52
2013	707	458	163	1,60	4,50
2014	740	522	178	1,54	4,51
2015	774	528	134	1,43	5,65
2016	824	548	201	1,55	4,22
2017	860	558	240	1,60	3,72
2018	924	602	261	1,57	3,63
2019	1014	650	270	1,53	3,69
2020	1093	670	289	1,53	3,56
2021	1106	680	312	1,55	3,38

4. So'nggi (chegaraviy-limitik) samaradorlikni aniqlash

So'nggi (chegaraviy-limitik) samaradorlik quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\nu_K = \frac{\partial Y}{\partial K} = \alpha \cdot A \cdot K^{\alpha-1} \cdot L^{\beta}; \quad \nu_L = \frac{\partial Y}{\partial L} = \beta \cdot A \cdot K^{\alpha} \cdot L^{\beta-1}.$$

Yillar	Y	K	L	nyu-K	nyu-L
2007	515	306	99	0,93	1,22
2008	570	325	101	0,91	1,25
2009	610	350	110	0,89	1,21
2010	614	355	127	0,92	1,10
2011	652	402	142	0,89	1,07
2012	704	442	158	0,87	1,04
2013	707	458	163	0,86	1,04
2014	740	522	178	0,83	1,04
2015	774	528	134	0,77	1,30
2016	824	548	201	0,84	0,97
2017	860	558	240	0,86	0,86
2018	924	602	261	0,85	0,84
2019	1014	650	270	0,83	0,85
2020	1093	670	289	0,83	0,82
2021	1106	680	312	0,84	0,78

5. Resurslar ishlab chiqarish elastikligini aniqlash

Resurslarga talabi bilan bog'liq bo'lgan ishlab chiqarish elastikligi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\delta_K = \alpha = 0,54;$$

$$\delta_L = \beta = 0,23.$$

6. Resurslar almashtirish normasini aniqlash

Resurslar almashtirish normasi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\gamma_{KL} = \frac{\alpha \cdot K}{\beta \cdot L}.$$

Yillar	Y	K	L	gamma-KL
2007	515	306	99	7,24
2008	570	325	101	7,54
2009	610	350	110	7,45
2010	614	355	127	6,55
2011	652	402	142	6,63
2012	704	442	158	6,55
2013	707	458	163	6,58
2014	740	522	178	6,87
2015	774	528	134	9,23
2016	824	548	201	6,38
2017	860	558	240	5,44
2018	924	602	261	5,40
2019	1014	650	270	5,64
2020	1093	670	289	5,43
2021	1106	680	312	5,10

Resurslar almashtirish normasi jadvalda aniqlandi.

11.3. IQTISODIY O'SISH TUSHUNCHASI

Makroiqtisodiy jarayonlar butun milliy iqtisodiyotning barcha tarmoqlarini qamrab oladi. Makroiqtisodiy jarayonlar asosan uchta katta jarayonlarni o'rganadi va tushuntirib beradi. Bular:

1. Ishsizlik.
2. Inflyasiya.
3. Iqtisodiy o'sish.

Ishsizlik - bu mamlakat miqyosida faol, mehnatga yaroqli aholining ish bilan band bo'lmashligi tushuniladi.

Inflyasiya - mamlakat miqyosida umumiy baholarning o'sishini ko'rsatadi.

Iqtisodiy o'sish - mamlakat aholisiga yalpi ichki mahsulotning yildan-yilga ko'proq ishlab chiqarilishi tushuniladi.

Ushbu uchta ko'rsatkich makroiqtisodiy muammolar hisoblanadi. Iqtisodiyotning beqaror rivojlanishi tufayli yuqoridagi muammolar vujudga keladi. Ushbu muammolarni hal qilishning bir necha usullari mavjud.

Ushbu muammolar turli xil sharoitlar, davlat olib borayotgan iqtisodiy siyosati, fiskal va monetar siyosat orqali vujudga kelishi mumkin.

Milliy iqtisodiyotda iqtisodiy rivojlanish qiyin aniqlanadigan jarayon bo'lganligi sababli, uning mezonlaridan biri bo'lgan iqtisodiy o'sish ko'proq tahlil qilinadi.

Iqtisodiy o'sish bevosita yalpi ichki mahsulot miqdorining mutlaq va aholi jon boshiga hamda iqtisodiy resurs xarajatlari birligi hisobiga ko'payishi hamda sifatining yaxshilanishida va tarkibining takomillashuvida ifodalanadi.

Modelni tahlil etishning zarurligi

Iqtisodchi olimlarning iqtisodiy o'sish omillarini o'rganish hamda uning kelgusidagi natijalarini prognoz qilish borasidagi tadqiqotlari pirovardida turli iqtisodiy o'sish modellarining yaratilishiga olib keldi. Bu modellar o'z mazmuniga ko'ra bir-birlaridan farqlansada, ularning asosida ikkita nazariya - makroiqtisodiy muvozanatning **keynscha (keyinchalik neokeynscha)** nazariyasi hamda ishlab chiqarishning **klassik (keyinchalik neoklassik)** nazariyasi yotadi.

Iqtisodiy o'sishning barcha tavsifi yalpi ichki mahsulot (YaIM) yillik o'sish sur'atlarining foizdagi o'lchovida to'liq o'z ifodasini topadi:

$$\Delta Y = \frac{Y_1 - Y_0}{Y_0} \cdot 100, (11.25)$$

bu yerda ΔY - iqtisodiy o'sish sur'ati, foizda; Y_0 - taqqoslanayotgan basis davr (yil)dagi yalpi ichki mahsulot; Y_1 - joriy davr (yil) dagi yalpi ichki mahsulot.

Shuni ham ta'kidlab o'tish lozimki, "iqtisodiy o'sish" hamda "iqtisodiy rivojlanish" tushunchalari o'rtasida farq mavjud bo'lib, "iqtisodiy o'sish" ne'matlarni ishlab chiqarishning miqdoriy jihatdan ko'payishini ifodalab keladi. Iqtisodiy rivojlanish - iqtisodiy o'sishga nisbatan kengroq tushuncha bo'lib, u nafaqat ishlab chiqarishning ortishini, balki uning kamayishini hamda iqtisodiyotdagi o'zgarishlarni ham ifodalab keladi. Iqtisodiy rivojlanish ko'p tomonli jarayon hisoblanadi hamda texnik, iqtisodiy va ijtimoiy sohalaridagi o'zgarishlarni o'z ichiga qamrab oladi.

Har bir mamlakat barqaror iqtisodiy o'sishni ta'minlashga intiladi, chunki iqtisodiy o'sish, birinchidan, milliy mahsulot hajmi va daromadning ko'payishiga, ikkinchidan, resurslardan samarali

foydalanishga, uchinchidan, yangi ehtiyojlar va imkoniyatlarning paydo bo'lishiga, to'rtinchidan, xalqaro bozorlarda mamlakat nufuzining oshishiga olib keladi.

Bundan tashqari aynan barqaror iqtisodiy o'sishga ta'sir etuvchi omil resurslarni ham hisobga olish lozim. Ular guruhiga quyidagilar kiradi: tabiiy resurslar miqdori va sifati; mehnat resurslari miqdori va sifati; asosiy kapital hajmi; texnologiyalar.

Shuni ham ta'kidlash lozimki, mavjud resurslar (yoki ishlab chiqarish omillari) iqtisodiy o'sishni ta'minlash uchun to'liq 100 foiz jalb qilina olmaydi. Bunga sabab, institusional mexanizmlar yetarlicha rivojlanmaganligi va transaksion xarajatlarning yuqoriligi hisoblanadi.

Mamlakatimizda barqaror ishlab chiqarish o'sishining muhim omillari sifatida quyidagilarni e'tiborga olish tavsiya etiladi:

- barqaror iqtisodiy o'sish sur'atlarini ta'minlashga qulay institusional muhit va davlat ko'magini yaratish;
- iqtisodiyot tarmoqlarida tarkibiy islohotlarning yanada chuqurlashtirish uchun ichki va tashqi investisiyalarni jalb etishini institusional mexanizmlarini takomillashtirish;
- iqtisodiyotni yanada erkinlashtirilishi va modernizasiya qilish jarayonlarini faollashtirish;
- iqtisodiyot tarmoqlarida mahalliyashtirish jarayonlarini kengaytirish;
- kichik biznes va xususiy tadbirkorlikni qo'llab-quvvatlash hamda ularga berilayotgan imtiyoz va rag'batlarni kengaytirish orqali aholining asosiy qatlamini iqtisodiy faollikka jalb qilish;
- moddiy-texnik resurslar hamda tayyor mahsulotlarni sotish va sotib olish tizimini erkinlashtirish;
- korxonalarning moliyaviy xo'jalik faoliyatiga davlat nazorati organlari aralashuvini yanada qisqartirish va boshqalar.

Iqtisodiy o'sishning keynscha modeli makroiqtisodiy muvozanatning keynscha nazariyasini rivojlantirish va unga tanqidiy yondoshish natijasida vujudga kelgan. Bu modellar orasida ingliz olimi R.Xarrod va amerikalik olim Y.Domarning iqtisodiy o'sish modellari e'tiborga molik hisoblanadi. Har ikkala modelning umumiy jihatlari mavjud bo'lib, ular quyidagilar orqali shartlanadi: 1) ular neoklassik modellardan farqli o'laroq bir omilli model hisoblanadi. Ya'ni bu modellarda milliy daromadning o'sishi faqat kapital jam'arishning funksiyasi hisoblanib, kapital samaradorligiga ta'sir ko'rsatuvchi ishchi kuchi bandligining oshishi, FTT yutuqlaridan foydalanish darajasining o'sishi, ishlab chiqarishni tashkil etishning yaxshilanishi kabi boshqa barcha omillar nazardan chetda qoldiriladi; 2) ishlab chiqarishning kapital sig'imi ishlab chiqarish omillari

narxlarining nisbatiga bog'liq bo'lmay, faqat ishlab chiqarishning texnik sharoitlari orqali aniqlanadi. Neokeynscha modelda investitsiyalarning o'sishi iqtisodiy o'sish va uning sur'atlarini belgilovchi omil hisoblanib, u bir tomondan, milliy daromadning o'sishiga imkon yaratadi, ikkinchi tomondan esa, ishlab chiqarish quvvatlarini kengaytiradi. O'z navbatida daromadning o'sishi bandlikning oshishiga imkon yaratadi. Investitsiya hajmining ko'payishi natijasida kengaygan ishlab chiqarish quvvatlari daromadning o'sishi orqali to'liq ishga tushirilishi lozim.

Iqtisodiy o'sishning Y. Domar modeli. Bu model makroiqtisodiy muvozanatning keynschilik nazariyasini tanqidiy qayta ishlash va rivojlantirish sifatida vujudga keldi. Ma'lum bo'lganidek, Keynsning asosiy maqsadi - rivojlangan mamlakatlarda ommaviy ishsizlik va ishlab chiqarish quvvatlaridan to'liq foydalanmaslik sabablarini aniqlash edi. Bu hodisa 1929-1933 yillarda "Buyuk depressiya" davrida halokatli o'lchamlarga erishib, bu vaqtda nafaqat yangi kapital qo'yilmalarga, balki asosiy kapitalni yangilashga ham imkoniyat yo'q edi. Shu sababli Dj. Keyns nazariyasini fanda depressiv yoki stagnasiyalanuvchi iqtisodiyot nazariyasi deb atashadi.

Urushdan keyingi davrda g'arb mamlaktlaridagi iqtisodiy holat o'zgardi – iqtisodiy o'sish masalalariga olimlar diqqatini qaratgan yuqori kon'yunktura davri boshlandi. Biroq, yangi sharoitlarda keynschilik nazariyasi chetga surib qo'yilmadi, balki sifat jihatdan yangi muammolarni hal qilish uchun ijodiy o'zgartirildi. Chunki, bu nazariya bozor iqtisodiyoti amal qilishining bir qator fundamental savollariga javob bera olar edi. Milliy daromad, iste'mol, jamg'arma va investisiyalar kabi iqtisodiy miqdorlarga asoslanib, Dj. Keyns iqtisodiy faoliyat darajasining o'zgarishini tushuntira oladigan modelni ishlab chiqdi. U iqtisodiy pasayish va ishsizlikning o'sishi davrida iste'mol va jamg'armalar, shu jumladan investisiyalar qisqarishini isbotladi. Shuning uchun, yalpi talab o'sishining haqiqiy dastklari mavjud bo'lmagan taqdirda, Dj. Keynsning fikricha, hukumat talabni tartibga solish chora-tadbirlaridan foydalangan holda iqtisodiyotga aralashishi zarur. Talabni soliqlarni pasaytirish orqali yoki davlat xarajatlarini ko'paytirish orqali oshirish mumkin, bu esa o'z navbatida iqtisodiy faollikni jonlantiradi.

Iqtisodiy o'sish neokeynschilik modelining mohiyati nimada?

1. Ularning barchasi Dj. Keynsning asosiy postulati – yalpi talabga asoslanadi. Modellarni qurishda ularning mualliflari muvozanatlashgan iqtisodiy o'sishning hal qiluvchi sharti yalpi talabning oshishi ekanligidan kelib chiqishgan.

2. Iqtisodiy o'sishning asosiy omili bo'lib kapital qo'yilmalar (investisiyalar) hisoblanadi, ular multiplikatorlar orqali daromadni oshiradi yoki o'zi daromad oshirishining natijasi hisoblanadi (akselerator ta'sirida). Qolgan barcha ishlab chiqarish omillari (bandlikning oshishi, uskunalardan foydalanish darajasi, ishlab chiqarishni tashkil etishning yaxshilanishi) hisobga olinadi va modeldan chiqarib tashlanadi.

Bunda bu modellarning keynschilik tabiati va neoklassik nazariyalardan asosiy farqlanishi mujassamlashgan.

Shunday qilib, o'sishning neonekeynschilik modeli ikki o'ziga xos xususiyat bilan xarakterlanadi:

- iqtisodiy o'sishga daromad darajasi bilan belgilanadigan talab nuqtai nazaridan yondashish;

- investisiyalarning iqtisodiy o'sishdagi muhim roli bilan, chunki daromad kapitalning to'planishiga bog'liq (demak, yalpi talab hajmi ham).

Iqtisodiy o'sishning neokeynschilik modellari kelib chiqishi Polshalik bo'lgan amerikalik iqtisodchi Ye.Domar va ingliz iqtisodchisi R.Xarrod tomonidan shakllantirilgan. Ular tomonidan olingan natijalar shunchalik bir-biriga yaqin ediki, natijada fanda ular Xarrod-Domar modeli deb atala boshlandi. Biroq modellarda o'ziga xoslik borligi tufayli, ularning har birini ko'rib chiqamiz, xulosa qilib esa ularni umumlashtiruvchi narsaga e'tiborni qaratamiz.

Iqtisodiy o'sishning Ye.Domar modeli. Ye.Domar uning modeli keynschilik an'analarga xosligi va keynschilik fundamentiga asoslanganini aniqligini tan olgan, ammo shu bilan birga keynschilik modelining investisiyalar va iqtisodiy dinamikaga tegishli qismiga o'z hissasini qo'shganligini ta'kidlab o'tgan.

Oldindan o'rnatilganidek, Dj.Keyns tizimida daromadlarning shakllanishi investisiya funksiyasi hisoblanib, ular multiplikator samarasi orqali yalpi talab va bandlikni oshiradi. Boshqacha qilib aytganda, Dj.Keyns davlat xarajatlariga, ayniqsa ularning jamoat ishlarini amalga oshirish bilan bog'liq qismiga (yo'l, ko'priklar, qurish va boshqalar) alohida e'tibor qaratgan.

Nega u ommaviy bozor mahsulotlari ishlab chiqarishga, masalan avtomobillar, kir yuvish mashinalari yoki mebel ishlab chiqarishga e'tibor qaratmagan? Chunki, qayta ishlab chiqarish (samarasi) talabni hosil qilish bozorga ortiqcha tovar massasini chiqarishdan ko'ra muhim edi, shuning uchun Dj. Keyns investisiyalarning tovar taklifiga ta'sirini o'z tahlilidan qolgan ishlab chiqarish quvvatlari mavjudligini tahlil qilgan holda ham shunday qildi. (yangi zavodlarga investisiya qilishga mavjudlari turganda hojat yo'q).

Aynan shu punktda Ye.Domar, Dj. Keyns nazariyasiga aniqlik va qo'shimcha kiritdi – unda investisiyalar nafaqat daromadlarni shakllantirish, balki quvvatlarni yaratish, ishlab chiqarishni va tovarlar taklifini rivojlantirish omili hamdir. Bu orqali Ye.Domar investision jarayonning ikki xilligiga e'tibor qaratib, uning fikricha, milliy daromadning muvozanatli o'sish modeli mohiyati ham shundan iborat. Boshqacha aytganda, u iqtisodiyotning muvozanatlashgan holatidan kelib chiqqan (ya'ni, umumiy talabni ifodalovchi ishlab chiqarish quvvatlariga teng bo'lganda).

Undan keyin Ye.Domar quyidagi savolni qo'ydi: agar investisiyalar ishlab chiqarish quvvatlarini oshirsa va shu bilan birga qo'shimcha daromadlarni shakllantirsa, unda daromad o'sishi sur'ati ishlab chiqarish quvvatlari o'sishi sur'atlariga teng bo'lishi uchun investisiyalar qanday o'sishi kerak? Bu savolga javob berish uchun Y. Domar uchta tenglamalar sistemasini tuzdi:

- 1) taklif tenglamasi;
- 2) talab tenglamasi;
- 3) taklif va talab tengligini ifodalovchi tenglama.

1. Taklif tenglamasi investisiyalar hosil qiladigan ishlab chiqarish

quvvatlari o'sishini ko'rsatadi.

Yaratilgan ishlab chiqarish quvvatlari hisobiga olinadigan ishlab chiqarish o'sishini (o'sishini) Q ni, umumiy kapital qo'yilmalarini (I) ularning o'rtacha unumdorligiga β ko'paytmasi orqali aniqlash mumkin:

$$Q = I \cdot \beta, (11.26)$$

I - har yillik sof kapital qo'yilmalar; β - kapital samaradorligi.

Investisiyalarning ishlab chiqarish rivojlanishiga ta'sirini xarakterlovchi β belgisi kapital qaytimi nomini oldi (ishchi kuchi bandligining oshishi, fan-texnika taraqqiyoti, ishlab chiqarishni tashkil etishni mukammallashtirish va h.k.). Bunda, agar 1 mlrd. so'mlik mahsulot ishlab chiqarish uchun 4 mlrd. so'm kapital kerak bo'lsa, unda β uning $\frac{1}{4}$ qismini, yoki 25 % ini hosil qiladi. Demak,

$\beta = \frac{\Delta Q}{I}$ bo'lib, bir birlik investisiya yaratgan yangi mahsulot miqdorini ifodalaydi.

2. Talab tenglamasi qo'shimcha quvvatlarini band qilish uchun talab qanchagacha o'sishi kerakligini ko'rsatadi. Multiplikator nazariyasiga ko'ra, jamg'armaga ixtiyoriy chegaraviy moyillik λ . Milliy daromad o'sishi - ΔY qo'shimcha investisiyalar - ΔI ning multiplikator ta'sirining natijasi hisobi.

$$\Delta Y = \Delta I \cdot \frac{1}{\lambda}, (11.27)$$

bu yerda: ΔY - milliy daromad o'sishi; ΔI - sof kapital qo'yilmalarning qo'shimcha o'sishi; $\frac{1}{\lambda}$ - multiplikator, λ -

jamg'arishga bo'lgan o'rtacha moyillik, β - bir birlik investisiya yaratgan yangi mahsulot miqdori.

Agar $\Delta Q = I \cdot \beta$ taklif tenglamasini $\Delta Q = \Delta I$ talab tenglamasi bilan solishtirsak, unda taklif tenglamasida umumiy investisiyalar ishtirok etishini sezamiz, qachonki talab tenglamasida faqatgina oldingi davrga nisbatan investisiyalarning o'sishi ishtirok etadi. Buning sababi shundaki, ishlab chiqarishning o'sishi ΔQ - umumiy kapitalning unumdorligi bilan ta'minlanadi, daromadning o'sishi ΔY esa - faqatgina qo'shimcha kapital qo'yilmalarining multiplikator ta'siri bilan ta'minlanadi.

3. Daromadlar va ishlab chiqarish quvvatlari o'sishi sur'atlarining muvozanat tenglamasiga

$$\Delta I \cdot \frac{1}{\lambda} = I \cdot \beta, (11.28)$$

bo'lganda erishiladi.

bu yerda: ΔI - sof kapital qo'yilmalarning qo'shimcha o'sishi;

$\frac{1}{\lambda}$ - multiplikator, λ - jamg'arishga bo'lgan o'rtacha moyillik, β - bir birlik investisiya yaratgan yangi mahsulot miqdori.

Bu tenglama yechimi orqali quyidagi natijaga ega bo'lamiz.

$$\frac{\Delta I}{I} = \lambda \cdot \beta, (11.29)$$

bu yerda: ΔI - sof kapital qo'yilmalarning qo'shimcha o'sishi;

$\frac{1}{\lambda}$ - multiplikator, λ - jamg'arishga bo'lgan o'rtacha moyillik, β - bir birlik investisiya yaratgan yangi mahsulot miqdori.

Tenglamaning chap qismida investisiyalarning yillik o'sish sur'ati turadi, u ishlab chiqarish quvvatlarining o'sishi yordamida to'liq bandlikni ta'minlash uchun $\alpha\beta$ yillik sur'at bilan o'sishi lozim.

Shunday qilib, Domar modeli investisiyalar doimiy o'sishi lozim bo'lgan sur'atni aniqlash imkonini beradi. Bu sur'at milliy daromadda jamg'armalar ulushi va investisiyalarni o'rta samaradorligi bilan to'g'ri bog'langan. Masalan, agar jamg'arish moyillik $\alpha=20\%$ teng bo'lsa, kapitalni unumdorligi esa $\beta=33\%$, kapitalni balanslashgan o'sish meyori 6,6% tashkil etish kerak.

$$\frac{\Delta I}{I} = \alpha \cdot \beta = 0,2 \cdot 0,33 = 0,066 \text{ yoki } 6,6\%.$$

Bundan iqtisodiy siyosat uchun muhim xulosa kelib chiqadi: faqatgina kapitalning doimiy o'sayotgan akkumulyatsiyasiga jamiyat masshtabida yalpi talab va yalpi taklif o'rtasidagi dinamik muvozanatni ta'minlaydi.

Investisiyalarning muvozanatli o'sishini ta'minlab turish uchun davlat milliy daromaddagi jamg'armalar ulushiga yoki texnik taraqqiyot sur'atlariga ta'sir ko'rsatishi mumkin.

11.4. DAROMAD VA ISTE'MOL FUNKSIYASI. IQTISODIY O'SISHNING R. XARROD MODELI

Oldin ta'kidlaganimizdek, tarkibi bo'yicha bu model Ye.Domar modeliga o'xshaydi, biroq uning o'ziga xos xususiyatlari bor. Ye.Domar modeli investisiyalarning yalpi talabni kengaytirish va ishlab chiqarish quvvatlarining vaqt oralig'ida ko'payishdagi ikki xil holatini tahlil qiladi. Shuning uchun u butunligicha multiplikatordan foydalanishga asoslanadi va milliy daromadning zaruriy o'sishini ta'minlaydigan investisiyalarning o'sish me'yorini aniqlaydi.

R.Xarrod modelining maqsadi esa iqtisodiyot o'sishning trayektoriyasini o'rganish hisoblanadi. Shuning uchun uning asosini akselerator nazariyasi tashkil etib, u investisiyalar o'sishini bunga sabab bo'lgan daromad o'sishiga nisbatini aniqlash imkonini beradi.

Bunday xususiyatlardan shu natija kelib chiqadiki, Ye.Domar davlat siyosati bilan bog'liq bo'lgan avtonom investisiyalar bilan ish olib borgan bo'lsa, R.Xarrod esa - milliy daromad o'sishi bilan bog'liq ishlab chiqarish investisiyalari bilan ish olib borgan.

Akselerator nazariyasi – investisiyalarning kutilayotgan ishlab chiqarish hajmi o'zgarishiga bog'liqligini tavsiflovchi nazariyadir. Akselerator tamoyili dastlab davrlar nazariyasi doirasida ishlab chiqilgan bo'lib, investisiyalarning iste'mol talabi harakatiga reaksiyasi orqali iqtisodiy inqirozlarni tavsiflagan. Bunday bog'liqlikda akselerator nazariyasini XX asr boshida fransuz iqtisodchisi A.Aftalyen va amerikalik iqtisodchi Dj.Klark rivojlantirishgan. Bu nazariyaga muvofiq talabning (yoki daromadlarning) o'sishi investisiyalarning o'sish darajasiga tezlashtiruvchi (akselerator) sifatida ta'sir etadi, (avvalambor asosiy kapital sohasida). Yangi investisiyalar ishlab chiqarish hajmi (daromadlar)ga nisbatan tezroq o'sishi taxmin qilinadi, chunki mashinaning qiymati uning tayyor mahsulot qiymatidan odatda ancha yuqori bo'ladi, demak, ishlab chiqarish qatnashchilari daromadlaridan ham yuqori bo'ladi.

Shuning uchun ham investisiyalarga bo'lgan talab iste'mol talabining o'sishiga nisbatan doimo yuqori bo'ladi. Gap shundaki, o'sib borayotgan iste'mol talabi mavjud bo'lgan ishlab chiqarish quvvatlariga ta'sir ko'rsatib, nafaqat mavjud quvvatlar modernizatsiyasiga, balki yangi sanoat korxonalari va uskunalariga kapital qo'yilmalarini rag'batlantiradi.

Faraz qilaylik, qandaydir korxona o'zining mahsulotiga mavjud talabni 10 ta mashinadan foydalanib qondiradi, ulardan bittasi har yili yangisi bilan almashtiriladi. Agar talab 20% ga oshsa, korxona bu talabni qondirish uchun 2 ta yangi mashina sotib olishi kerak bo'ladi. Shunday qilib, akselerator ishlab chiqarish o'sishi bilan investisiyalar

o'sishi o'rtasidagi bog'liqlikni ko'rsatadi: ishlab chiqarish hajmi o'zgarishiga javob ravishda yangi investisiyalar qanchaga o'sishini ko'rsatadi.

Ishlab chiqarish va investisiyalar darajalarida o'zgarishlarning bunday teskari bog'liqligi Dj.Keynsda umuman yo'q edi. U investisiya va daromadlar o'rtasida multiplikator munosabati bilan cheklandi.

$$\Delta Y = \Delta I \cdot \frac{1}{\lambda}, (11.30)$$

bu yerda: ΔY - milliy daromad o'sishi; ΔI - sof kapital qo'yilmalarning qo'shimcha o'sishi; $\frac{1}{\lambda}$ - multiplikator, λ - jamg'arishga bo'lgan o'rtacha moyillik.

λ ning vazifasi, bo'sh iqtisodiy resurslardan qanday foydalanishni ko'rsatish bo'lib, buning uchun u davlat xarajatlarini oshirishni taklif etgan. Ularni 1 multiplikatorga $\frac{1}{\lambda}$ ko'paytirib bandlik, ishlab chiqarish va daromad o'sishini ta'minlaydi, demak, yalpi talabning ham ta'minlaydi.

Akselerator tamoyili esa oshgan daromad va talab o'z navbatida investision jarayonlarni tezlashtirishni ko'rsatadi. Bu yangi kapital qo'yilmalar - daromad o'sishini akseleratsiya koeffitsiyenti bo'yicha ko'paytmasining funksiyasi ekanligini anglatadi:

$$\Delta I = \Delta Y \cdot \delta, (11.31)$$

Akseleratsiya koeffitsiyenti δ - texnik taraqqiyot turiga bog'liq texnik miqdor:

- katta hajmdagi kapitalni talab etadigan kapitalli texnik taraqqiyot sharoitida δ ning qiymati oshadi.
- kapitalni tejaydigan texnik taraqqiyotda δ ning qiymati past bo'ladi.

Iqtisodiy o'sish modelini yaratish jarayonidan R.Xarrod tahlilga uchta tenglamani kiritdi:

- amaldagi o'sish sur'atlari tenglamasi;
- kafolatlangan o'sish sur'atlari tenglamasi;
- haqiqiy o'sish sur'ati tenglamasi.

11.4.1. Amaldagi o'sish sur'atlari tenglamasi.

R.Xarrod modeli tenglamasi natijasidir. U ishlab chiqarish maqsadlarida foydalaniladigan mahsulotning o'sishidan bir qismini jamlanishini ta'minlash uchun milliy daromadda jamg'armalar ulushi qanday bo'lishi kerakligini ko'rsatadi:

$$GC=S, (11.32)$$

bu yerda:

G – (*growth*) – milliy daromadning o'sish sur'ati, masalan yil bo'yicha: $G = \frac{\Delta Y}{Y}$, ya'ni amaldagi o'sish sur'ati – bu daromad o'sishining biznes davr daromadi miqdoriga nisbati;

$C - C = \frac{I}{\Delta Y}$ kapital koeffitsiyenti yoki kapital sig'imi-bir-birlik daromad yoki mahsulot o'sishining “investision qiymatini” ko'rsatuvchi ishlab chiqarishning kapital talab koeffitsiyenti.

S – milliy daromad tarkibidagi jamg'arishning ulushi (S/Y).

Agar (1) tenglamani uning elementlari mazmuni bo'yicha yozadigan bo'lsak, unda Dj.Keynsning – investisiyalar teng jamg'armalar, ayniyatiga ega bo'lamiz:

$$S = S/Y \rightarrow I/Y = S/Y \rightarrow I = S, (11.33)$$

Biroq R.Xarrodning yondashuvi Dj.Keyns yondashuvidan ancha farqlangan. Keynschilik modelida investisiyalar va jamg'armalar tengligi statik shaklda, R.Xarrod modelida esa dinamik shaklda ifodalangan: tenglamaning chap qismi G_c ishlab chiqarish maqsadlariga yo'naltirilgan mahsulot o'sishining kapitallashtiriladigan qismini ifodalab, u jamg'armalarning ma'lum sulushi bilan ta'minlanishi shart.

11.4.2. Kafolatlangan o'sish sur'atlar tenglamasi.

Tadbirkorlar ko'zda tutadigan va umuman qoniqish hosil qiladigan rivojlanishning prognozi shuni ifodalaydi:

$$G_w cr = S, (11.34)$$

bu yerda: G_w – haqiqiy jamg'arma va taxmin qilinayotgan investitsiyalar o'rtasidagi dinamik muvozanatni ta'minlovchi o'sishning kafolatlangan sur'ati; cr – kapital koeffitsiyentining talab etilayotgan miqdori.

R.Xarrodning fikricha kafolatlangan (*warranted*) o'sish sur'ati G_w dinamik muvozanatning chizig'i hisoblanadi. Shu bilan barcha cr (kapital talablikning zaruriy koeffitsiyenti) ham dinamik muvozanatning koeffitsiyenti hisoblanadi: u mahsulot chiqarish o'sishiga yangi kapitalga ehtiyojni ifodalaydi, uni ta'minlash uchun shu yangi kapital talab etiladi. Bundan kelib chiqadiki kafolatlangan o'sish sur'ati tenglamasida investisiyalar *ex-ante* va jamg'armalar *ex-post* tenglashtiriladi.

Milliy daromadda jamg'armalar S ulushi – zaruriy kapital talablilik koeffitsiyenti cr kabi doimiy miqdor bo'lgani sababli R.Xarrod kafolatlangan o'sish sur'ati (G_w) ning doimiy darajasi haqida xulosaga keldi. Agar amaldagi o'sish sur'ati (1) prognozlanayotgan, kafolatlangan sur'ati (2) bilan mos tushsa, unda iqtisodiyot qat'iy uzluksiz rivojlanishga ega bo'ladi. Biroq, R

Xarrodning ta'kidlashicha bunday qat'iylik statistik solishtirib ($G_c = S$; ; $G_w cr = S$), R.Xarrod, amaliyotda amaldagi o'sish sur'ati doimo kafolatlanganidan katta yoki kichik bo'ladi deb ta'kidladi.

Agar amaldagi o'sish sur'ati kafolatlanadiganidan oshsa, unda nisbiy doimiylik tufayli s shunga mos ravishda tez oshmaydi.

Boshqacha aytganda, agar $G > G_w$ bo'lsa, unda $S = \text{const}$, $C < cr$.

Bundan R.Xarrod shunday xulosaga keladiki, ishlab chiqaruvchilar amaldagi kapital talablikni juda ham rost deb baholab, tovar-moddiy zaxiralarini oshirishga harakat qiladilar. Bu esa amaldagi o'sish sur'atini kafolatlanganligidan yanada oshishiga olib keladi.

Agar agar $G < G_w$ bo'lsa, unda $s = \text{const}$, $C > cr$. Bunga asosan ishlab chiqaruvchilar mavjud xomashyo, material va uskunalar zaxirasi ortiqchaligi haqida qarorga kelib, xaridni qisqartiradilar. Bu bilan ular amaldagi o'sish sur'atini kafolatlanganga nisbatan yanada oshiradi.

Shunday qilib, amaldagi o'sish sur'ati muvozanatligiga moslashish o'rinda amaliyotda teskari tendensiya mavjud, ya'ni ishlab chiqarishning dinamik muvozanat chizig'idan ko'tarilishi yoki pasayishi yuz beradi. Bu R.Xarrodga bozor iqtisodiyotiga ichki dinamik barqarorlik xos ekanligi haqida qaror qilishga asos bo'ldi. Bunday xulosa natijada iqtisodiy adabiyotda “Xarrod paradoksi” nomini oldi. U iqtisodiy konyunkturaning qisqa muddatli davriy tebranishlarini ifodalaydi. Nisbatan uzoqroq tebranishlarning interpretatsiyasi uchun R.Xarrod (3) tenglamani kiritdi – haqiqiy o'sish sur'ati tenglamasi.

11.4.3. Haqiqiy o'sish sur'ati tenglamasi.

R. Xarrod modelida quyidagi ko'rinishga ega:

$$G_n cr = \text{yoki } G_n cr \neq S$$

bu yerda: G_n – (*natural* - tabiiy) resurslardan to'liq foydalanish sharoitida iqtisodiyot haraktining maksimal darajada mumkin bo'lgan sur'ati.

Bunday o'sish sur'atini ta'minlab turish uchun iqtisodiyotda jamg'armalar yetmasligi mumkin, shuning uchun haqiqiy o'sish sur'atining tenglamasida chap va o'ng tomonlar o'rtasidagi tenglik yo'qligi ko'zda tutiladi.

Hosil qilingan tenglamalar R.Xarrodga 3 ta miqdor o'rtasidagi munosabatni ko'rib chiqish imkonini berdi: haqiqiy (G), kafolatlangan (G_w) va amaldagi o'sish sur'ati (G_n).

1. $G_w > G_n$ deb faraz qilamiz. Bunda, haqiqiy o'sish sur'ati berilgan resurslarda mumkin bo'lgani uchun, amaldagi sur'at haqiqiysidan past bo'ladi, demak, kafolatlangan o'sish sur'atidan ham

albatta past bo'ladi. Unda kapitalga bo'lgan talabning prognozlangan koeffitsiyenti amaldagisidan past bo'lib ($cr < C$ yuqorida ko'rsatib o'tilganidek uzoq depressiyaga (tushkunlikka) sabab bo'ladi. Tushunarliroq qilib aytadigan bo'lsak, ortiqcha kuchlanish (iqtisodiyotning qizib ketishi) uzoq muddatli tushkunlikka olib keladi, bunga misol qilib nafaqat bozor iqtisodiyotini, balki ijtimoiy amaliyotni keltirish mumkin.

Keyin u quyidagi savolni qo'yadi: bozor iqtisodiyotida kafolatlangan G_n va haqiqiy G_n o'sish sur'atlarini avtomatik tenglashtiradigan kuchlar bormi? Bu savolga javob berib R.Xarrod iqtisodiy o'sishning asosiy parametri - odamlar xohishiga bog'liq bo'lgan jamg'armalar ekanligini ko'rsatib o'tgan, shuning uchun bu savolni tahlili jamg'armalar dinamikasi tahlili bilan bog'liq. Jamg'armalarga salbiy munosabatda bo'lib, ularni depressiyani rag'batlantiruvchi kuch deb hisoblagan Dj.Keynsdan farqli ravishda R.Xarrod jamg'armalarni ijobiy va foydali deb hisoblagan. Biroq, shu bilan birga u quyidagi savolni bergan: bozor iqtisodiyotida muvozanatlashgan o'sish talablariga javob beradigan jamg'armalar hajmini rag'batlantiruvchi instrumentlar mavjudmi? R.Xarrod unga inkor javobini berib, Dj.Keyns kabi iqtisodiyotga davlat aralashuvini zarurligini asoslagan.

R.Xarrod dasturi ikki guruh tadbirlarini o'z ichiga olgan:

1) "Amaldagi o'sish sur'atini kafolatlanganidan qochishi"ga qarshi qisqa muddatli antisiklik siyosat taklif etilgan.

2) Takrorlanadigan ishsizlik va uzoq depressiyaga qarshi foiz me'yorini pasaytirish siyosatidan foydalanishni taklif etgan (deyarli uning nol bo'lgan nuqtasigacha). Bu jamg'armaga investitsion talabning kengayishiga olib keladi, demak, milliy daromadda jamg'armalar ulushining qandaydir qisqarishiga ham.

Siyosatning maqsadi R.Xarrod fikricha

$$G_{wcr} = S - d = G_{ncr}, (11.35)$$

bo'ladigan foiz stavkasining progressiv pasayishiga erishish kerak. Bu ifodani R.Xarrod to'liq bandlik maromidagi barqaror o'sish formulasi sifatida belgiladi. U iqtisodiy tizimning dinamik rivojlanishiga kafolatlangan va haqiqiy o'sish sur'atining to'liq bandlik sharoitida teng bo'lgan holatida erishilishini ko'rsatadi.

Shunday qilib, tahlil jarayonida R.Xarrod, Ye.Domar bilan o'xshash natijalarga erishdi. Odatda ularning modeli yagona Xarrod-Domar modeliga birlashtiriladi. Uning mazmuni quyidagicha, ishlab chiqarishning berilgan texnik sharoitlarida iqtisodiy o'sish jamg'armaga chegaraviy moyillik miqdoriga bog'liq bo'ladi, iqtisodiy tizimdagi dinamik muvozanat o'z tabiatiga ko'ra beqaror va uni to'liq bandlik sharoitida ta'minlab turish uchun esa davlatning faol va maqsadli tadbirlari talab etiladi.

11.4.4. R.Solouning neoklassik iqtisodiy o'sish modeli.

Neoklassiklar keynschilardan farqli o'laroq iqtisodiy o'sish modellarini tuzishganda iqtisodiy o'sish ishlab chiqarishning barcha omillari, shu jumladan texnik taraqqiyot tomonidan ta'minlanadi, kapital va mehnat substitutlar, ular bir-birini alishtirishi mumkin, bozor mexanizmi va barqaror pul tizimi muvozanatni avtomatik tiklashi mumkin degan nazariy asoslarga tayanadilar. Neoklassik modellar barcha iqtisodiy jarayonlarning aniq holatini kamrash xususiyatiga egadir.

Birinchii neoklassik model R. Solou tomonidan 1956 yilda "Iqtisodiy o'sish nazariyasiga xissa" asarida tasvirlab berildi va so'ngra 1957 yilda "Texnik taraqqiyot va agregativ ishlab chiqarish funksiyasi" nomli asarida rivojlantirildi.

R.Solou modeli mutanosib iqtisodiy o'sishning zarur sharti yalpi talab va yalpi taklifning tengligi hisoblanadi. Modelda yalpi taklif Kobba-Duglasning ishlab chiqarish funktsiya bilan ifodalangan, ya'ni

$$Y = f(L, K, N),$$

modelda yuqori texnik rivojlanish boskichida erning kichik ahamiyatga egaligi tufayli ishlab chiqarish faqat mehnat resurslari va kapitalga bogliq deb olingan.

$Y = f(L, K)$, funktsiyaning kengaytirilgan ko'rinishi quyidagicha:

$$Y = (\Delta Y / \Delta L) L + (\Delta Y / \Delta K) K$$

Modelda yalpi talab investitsion va iste'mol xarajatlari bilan belgilanadi deb olinadi.

$$Y = C + I$$

Davlat xarajatlari va sof eksport ko'rsatkichlari ham iste'mol va investitsiyalar tarkibiga kiritib yuboriladi.

R.Solou bitta ishchiga to'g'ri keladigan mahsulot ishlabchiqarish hajmi kapital bilan qurollanish darajasining funktsiyasi deb qaraydi.

Kapital bilan kurollanganlik darajasining o'sishi esa jamgarish normasiga bogliq. Jamgarish normasining o'sishi, kapital bilan ta'minlaganlik darajasining oshishiga va ishlab chiqarishning yuksalishiga olib keladi.

Ammo kapital jamgarish normasi yuqori bo'lmasa kapitalning siqib ketishi, aholi sonining o'sishi tufayli kapital bilan ta'minlaganlik darajasi o'zgarmasdan qolishi yoki pasayib ketishi mumkin.

R.Solouning fikriga ko'ra, barqaror muvozanat sharoitida kapital, mehnat va milliy daromad darajasi bir xil, aholi soni o'sishiga teng sur'atda o'sib boradi. Aholi sonining tez o'sishi iqtisodiyotning o'sish sur'atlari jadallashishiga ta'sir etadi, ammo barqaror muvozanat holatida aholi jon boshiga mahsulot ishlab chiqarish kamayadi. O'z navbatida, jamgarish normasining oshirilishi aholi jon boshiga to'g'ri keladigan daromad miqdorini oshiradi va kapital bilan ta'minlaganlik koeffitsientini ko'tarilishiga olib keladi, lekin barqaror holatdagi o'sish sur'atiga ta'sir ko'rsatmaydi. Shu sababli barqaror

holatdagi iqtisodiy o'sishning yagona sharti texnik tarakkiyotning o'sish sur'ati hisoblanadi.

Model asosida jamgarishning "oltin qoidasi" yotadi. e Felpsning "oltin qoidasi" mohiyati shundaki, **jamgarishning shunday optimal normasi mavjudki u iste'molning maksimal darajasida muvozanatli iqtisodiy o'sishni ta'minlaydi.**

R.Solou modeli iqtisodiy o'sishning uch manbai-investitsiyalar, ishchi kuchi soni va texnik tarakkiyotning o'zaro aloqadorliklarini ochib berish imkonini beradi. Davlat iqtisodiy o'sishga jamgarish normasi hamda texnik taraqqiyotning tezligiga ta'sir etish bilan jadallashtirishi mumkin.

Hozirgi zamon iqtisodiyotini tahlil qilishda yangi paydo bo'lgan iqtisodiy o'sish modellaridan kam foydalanilmoqda. Jumladan, J. Mid va A. L'yuis modellari iqtisodiy o'sish masalasini o'ziga xos tarzda tushuntiradilar. Bu modellarning amaliy ahamiyati ayrim mamlakatning rivojlanish darajasi va iqtisodiyotining tuzilishidan kelib chiqadi.

Bajarish uchun topshiriqlar

11.5-variant

1-masala. A tovarga bo'lgan talab maksimal talab $D=1500$ ga teng. Talab narxi $P=100$ ga teng bo'lganda talab $D=0$ bo'lganligi berilgan. Berilgan shartdan foydalanib talab funksiyasini hosil qiling.

2-masala. Taklif funksiyasi $Q_s = 100 + 2 \cdot P$ berilgan. Quyidagilar aniqlansin;

- 1) davlat har bir sotiladigan mahsulotga 15 so'm soliq belgiladi. Yangi taklif chizig'ini hosil qiling;
- 2) davlat har bir sotiladigan mahsulotga 15 so'm subsidiya belgiladi. Yangi taklif chizig'ini hosil qiling;
- 3) taklif funksiyasi chiziqlarini bitta grafikda tasvirlang.

11.6-variant

1-masala. A tovarga bo'lgan talab maksimal talab $D=2500$ ga teng. Talab narxi $P=200$ ga teng bo'lganda talab $D=0$ bo'lganligi berilgan. Berilgan shartdan foydalanib talab funksiyasini hosil qiling.

2-masala. Taklif funksiyasi $Q_s = 200 + 2 \cdot P$ berilgan. Quyidagilar aniqlansin;

- 1) davlat har bir sotiladigan mahsulotga 25 so'm soliq belgiladi. Yangi taklif chizig'ini hosil qiling;
- 2) davlat har bir sotiladigan mahsulotga 25 so'm subsidiya belgiladi. Yangi taklif chizig'ini hosil qiling;
- 3) taklif funksiyasi chiziqlarini bitta grafikda tasvirlang.

11.7-variant

1-masala. A tovarga bo'lgan talab maksimal talab $D=3500$ ga teng. Talab narxi $P=300$ ga teng bo'lganda talab $D=0$ bo'lganligi berilgan. Berilgan shartdan foydalanib talab funksiyasini hosil qiling.

2-masala. Taklif funksiyasi $Q_s = 300 + 2 \cdot P$ berilgan.

Quyidagilar aniqlansin;

- 1) davlat har bir sotiladigan mahsulotga 35 so'm soliq belgiladi. Yangi taklif chizig'ini hosil qiling;
- 2) davlat har bir sotiladigan mahsulotga 35 so'm subsidiya belgiladi. Yangi taklif chizig'ini hosil qiling;
- 3) taklif funksiyasi chiziqlarini bitta grafikda tasvirlang.

11.8-variant

1-masala. A tovarga bo'lgan talab maksimal talab $D=4500$ ga teng. Talab narxi $P=400$ ga teng bo'lganda talab $D=0$ bo'lganligi berilgan. Berilgan shartdan foydalanib talab funksiyasini hosil qiling.

2-masala. Taklif funksiyasi $Q_s = 400 + 4 \cdot P$ berilgan. Quyidagilar aniqlansin;

- 1) davlat har bir sotiladigan mahsulotga 45 so'm soliq belgiladi. Yangi taklif chizig'ini hosil qiling;
- 2) davlat har bir sotiladigan mahsulotga 45 so'm subsidiya belgiladi. Yangi taklif chizig'ini hosil qiling;
- 3) taklif funksiyasi chiziqlarini bitta grafikda tasvirlang.

11.9-variant

1-masala. A tovarga bo'lgan talab maksimal talab $D=5500$ ga teng. Talab narxi $P=500$ ga teng bo'lganda talab $D=0$ bo'lganligi berilgan. Berilgan shartdan foydalanib talab funksiyasini hosil qiling.

2-masala. Taklif funksiyasi $Q_s = 400 + 5 \cdot P$ berilgan. Quyidagilar aniqlansin;

- 1) davlat har bir sotiladigan mahsulotga 50 so'm soliq belgiladi. Yangi taklif chizig'ini hosil qiling;
- 2) davlat har bir sotiladigan mahsulotga 50 so'm subsidiya belgiladi. Yangi taklif chizig'ini hosil qiling;

11.10-variant

Kobba-Duglasning ishlab chiqarish funksiyasi yordamida ko'p omilli regrissiyaning koeffitsiyentlarini toping.

1.1-jadval

Y	876	1200	2327	4957	8095	9849
K	162	245	452	714	1183	1564
L	1079	1067	2069	5585	9119	13989

Quyidagilar bajarilsin:

1. Kobb-Duglas ishlab chiqarish funksiyasining parametrlarini aniqlash;
2. Kobb-Duglas ishlab chiqarish funksiyasi ning adekvatligini tekshirish;
3. O'rtacha samaradorlikni aniqlash;
4. So'nggi (chegaraviy-limitik) samaradorlikni aniqlash;
5. Resurslar ishlab chiqarish elastikligini aniqlash;
6. Resurslar almashtirish normasini aniqlash.

11.11-variant

Kobba-Duglasning ishlab chiqarish funksiyasi yordamida ko'p omilli regrissiyaning koeffitsiyentlarini toping.

1.2-jadval

Y	896	1100	2347	4967	7095	9849
K	167	235	482	714	1183	1564
L	1089	1097	2059	5588	9129	13991

11.12-variant

Kobba-Duglasning ishlab chiqarish funksiyasi yordamida ko'p omilli regrissiyaning koeffitsiyentlarini toping.

1.2-jadval

Y	896	900	747	987	1095	1849
K	177	245	492	714	983	964
L	789	797	859	988	1129	1391

Quyidagilar bajarilsin:

1. Kobb-Duglas ishlab chiqarish funksiyasining parametrlarini aniqlash;

2. Kobb-Duglas ishlab chiqarish funksiyasi ning adekvatligini tekshirish;

3. O'rtacha samaradorlikni aniqlash; .

4. So'nggi (chegaraviy-limitik) samaradorlikni aniqlash;

5. Resurslar ishlab chiqarish elastikligini aniqlash;

6. Resurslar almashtirish normasini aniqlash.

11.13-variant

Kobba-Duglasning ishlab chiqarish funksiyasi yordamida ko'p omilli regrissiyaning koeffitsiyentlarini toping.

1.2-jadval

Y	696	700	747	787	895	849
K	277	245	492	414	483	564
L	489	497	559	588	529	691

Quyidagilar bajarilsin:

1. Kobb-Duglas ishlab chiqarish funksiyasining parametrlarini aniqlash;

2. Kobb-Duglas ishlab chiqarish funksiyasi ning adekvatligini tekshirish;

3. O'rtacha samaradorlikni aniqlash; .

4. So'nggi (chegaraviy-limitik) samaradorlikni aniqlash;

5. Resurslar ishlab chiqarish elastikligini aniqlash;

6. Resurslar almashtirish normasini aniqlash.

Muhokama uchun savollar

1. Ishlab chiqarish funksiyasini boshqa modellardan farqi?
2. Ishlab chiqarish funksiyalarining turlari?
3. Ishlab chiqarish funksiyalarining parametrlarini xususiyatlari nimalardan iborat.?
4. Ishlab chiqarish funksiyalarda ilmiy-texnik taraqqiyotning ahamiyatini tushuntiring.
5. O'sish turlar ayting.
6. Chegaraviy ko'rsatkichlarning xususiyatlari nimadan iborat?
7. Ekstensiv va intensiv o'sishni ta'minlovchi omillar?
8. Kobba-Duglas funksiyasini asosiy xususiyatlari.
9. O'rnini bosish elastikligi qanday tahlil qilinadi?
10. Iqtisodiy tahlil kursatkichlaridan amalda qanday foydalanish mumkin
11. Y. Domarning taklif tenglamasini tushuntirib bering.
12. Y. Domarning talab tenglamasini tushuntirib bering.
13. Y. Domarning taklif va talab tengligi tenglamasini tushuntirib bering.
14. R.Xarrodning amaldagi o'sish sur'atlari tenglamasini tushuntirib bering
15. R.Xarrodning kafolatlangan o'sish sur'atlari tenglamasini tushuntirib bering.
16. R.Xarrodning haqiqiy o'sish sur'ati tenglamasini tushuntirib bering.

XII BOB

IQTISODIY KO'RSATKICHLARNI PROGNOZLASHDA EKONOMETRIK MODELLARDAN FOYDALANISH



12.1. ISHLAB CHIQUARISH OMILLARI. IJTIMOIY-IQTISODIY PROGNOZLASH: UMUMIY TUSHUNCHALAR VA OBYEKTлари

Ijtimoiy-iqtisodiy jarayonlarni prognozlash - bu kelajakda milliy iqtisodiyot va ijtimoiy sohaning rivojlanishi prognozlari ishlab chiqishni o'rganadigan, ijtimoiy-iqtisodiy hodisalarni ilmiy bilishga va bashorat qilishning barcha usullari, vositalari va imkoniyatlaridan foydalanishga asoslangan ilmiy mulohaza.

Prognoz-kelajakda ob'ektning mumkin bo'lgan holatlari, ularni amalga oshirishning muqobil usullari va muddatlari to'g'risida ilmiy asoslangan qaror. Prognoz tasodifiy xarakterga ega va u ob'ektning holati va rivojlanishi to'g'risida asosli ilmiy g'oyalar asosida qurilganligi sababli, uni amalga oshirish ehtimoli katta. Prognozning eng ishlab chiquvchilari uni kelajakda ob'ektning kutilgan, mumkin bo'lgan holati sifatida baholaydilar.

Ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishni bashorat qilish sub'ektlari davlat hokimiyati va mahalliy o'zini o'zi boshqarish organlari, korporatsiyalar va korxonalar, shuningdek ilmiy-tadqiqot va konsalting tashkilotlari, prognozlarni ishlab chiqish va amalga oshirish uchun jalb qilingan individual mutaxassislardir.

Ijtimoiy-iqtisodiy prognozlash ob'ekti-bu ijtimoiy-iqtisodiy jarayonlar - ya'ni, ma'lum bir boshqaruv darajasida uning parametrlarining o'zgarishi dinamikasini tavsiflovchi ijtimoiy-iqtisodiy tizimning shakllanishi va faoliyatining iqtisodiy va ijtimoiy jarayonlari to'plami.

Prognozlash - bu ob'ektni rivojlantirish istiqbolini belgilab beradigan maxsus ilmiy tadqiqotlardir. Prognozlash-bu davlat, boshqaruv organlari, xo'jalik yurituvchi sub'ektlarning mamlakat, mintaqalar, tarmoqlar va turli mulkchilik shaklidagi korxonalarning rivojlantirish istiqbollarini aniqlash bo'yicha maqsadli faoliyati.

Prognozlash nima bo'lishi mumkinligini ko'rsatib beradi; rejalashtirish - bo'lishi shart degan ma'noni bildiradi.

Prognozlash sohalari juda keng: geografik, geologik, ekologik, iqtisodiy, ijtimoiy, tashqi-siyosiy, yuridik va h.k.

Iqtisodiy prognozlash - bu iqtisodiy jarayonlarni bilishning ilmiy usullari hamda prognozlashning barcha usul va yo'llari yig'indisini qo'llash orqali iqtisodiy prognozlarni ishlab chiqishidir.

12.2. PROGNOZLASH FUNKSIYALARI VA PROGNOZLASH OBYEKTLARINING TIZIMLI TAHLILI

Sifatli prognozlashning ahamiyati va zarurligini baholash qiyin. Ijtimoiy-iqtisodiy prognozlashning asosiy funksiyalari quyidagilardan iborat:

- *iqtisodiy rivojlanishning mavjud qonuniyatlari va tendentsiyalarini aniqlash va tahlil qilish;*
- *kelajakda ushbu tendentsiyalarni baholash va ularning ijobiy va salbiy oqibatlarini hisobga olish;*
- *yangi iqtisodiy vaziyatlarni, yangi muammolarni oldindan bilish;*
- *kelajakda rivojlanishning mumkin bo'lgan alternativalarini aniqlash;*
- *iqtisodiy rivojlanishning to'g'ri yo'nalishini tanlashga imkon beradigan ma'lumotlarni to'plash.*

Iqtisodiy prognozlashning nazariy muhim muammolaridan biri prognozlar turlarining tuzilishi hisoblanadi. Turlar - har xil mezonlar va belgilarga asoslanib tuzilishi mumkin. Masalan, ob'ektlarga, prognozlash usullariga, yechiladigan masalalarga, vazifalarga va boshqalarga. Bularning eng muhimlariga quyidagilar kiradi:

- *prognozlash ko'lami;*
- *prognozlash muddati;*
- *ob'ekt xarakteri;*
- *prognoz funksiyalari (funksional belgi).*

Iqtisodiy prognozlash turlari bo'yicha quyidag qismlarga ajratilib o'rganiladi:

- *ilmiy-texnik jarayonlarni ijtimoiy iqtisodiy xarakterlari va oqibatlari;*
- *ishlab chiqarish munosabatlari rivojlanishi;*
- *iqtisodiyot dinamikalari (sur'atlari, faktlari va tuzilishlari);*
- *bandlik, mehnat resurslari va kadrlarni qayta tayyorlash;*
- *tabiiy resurslardan oqilona foydalanish va boshqalar.*

Tuzilish muddati bo'yicha prognozlar operativ, qisqa muddatli, o'rta muddatli, uzoq muddatli turlarga bo'linadi.

Prognozlarning izlanilayotgan ob'ekt xarakteriga ko'ra bo'linishlari har xil qayta ishlab chiqarish jarayonlari bilan bog'liq. Shunga ko'ra, prognozlash quyidagilarga ajratiladi.

Prognozlar funksional belgisiga qarab ikkiga - normativ va tadqiqot prognozlarga bo'linadi.

Tadqiqot prognozlar: izlanayotgan ob'ektlarning kelajakdagi rivojlanish darajasiga asoslangan bo'lib, bu darajalarni qo'llash sharoitlaridan cheklashadi. Uning vazifasi o'rganilayotgan ob'ekt bor tendensiyalar saqlangan holda qanday rivojlanishini o'rganishdir.

Normativ prognozlar: izlanuvchi prognozlaridan farqli o'laroq oldin qo'yilgan maqsadlar bazasida ishlab chiqiladi. Uning vazifasi

maqsad qilib olinayotgan ob'ektning kelajakdagi holatini prognozlash yo'li va erishish vaqtini aniqlashdir.

Prognozlar turlanishi prognozlash yo'llari bilan uzviy bog'liq. Bir-birini to'ldiruvchi uch xil prognozlash usullari mavjud.

Usul – bu, o'rganish yo'llari va usullarini tanlash hamda shu tarmoqdagi haqiqat ko'rinishlarini umumiyashtirishdir. Iqtisodiy prognozlashning usuli har bir tarmoqda bo'lganidek izlanayotgan ob'ektlarga qarashli, o'rganilayotgan omil va ko'rinishlar asosiga kirish mumkin bo'lgan dialektik usuldir. U umumiy ilmiy usullar va izlanishiga yondashuv hamda iqtisodiy ko'rinishlarni ilmiy prognozlashga asoslangan o'ziga xos usullar asosida ishlatiladi.

Prognozashtirishda quyidagi usullardan foydalaniladi:

• **ekspert usuli** - bu usul boshlang'ich axborotlarni yig'ish (anketa, intervyu) va ularni tahlil qilishga asoslanadi. Shu bilan birga prognoz maqsadi ekspertlar tomonidan qilingan tahlilga asoslanadi;

• **ekstrapolyatsiya** – bu ob'ektning bo'lishi mumkin bo'lgan rivojlanishini o'rganish va uning kelajakdagi rivojlanish qonuniyligidir;

• **modellashtirish** – bu prognozashtirilayotgan ob'ekt tuzilishida kutilayotgan o'zgarishlarning normativ modellardagi izlanishidir.

Hozirgi kunda kelajakni baholashni ikki turi hayotga tadbiq etilgan: ilmiy baholash va noilmiy ko'ra bilish. Kelajakni ilmiy baholashning turlari:

Oldindan aytib berish - bu kelgusidagi muammoni hal qilishning mumkin bo'lgan yoki istalgan istiqbolda holatini bayon qilishdir. Boshqacha qilib aytganda, oldindan aytib berish - kelgusida bo'ladigan ma'lum jarayonlarning holati haqidagi ishonchli fikrni bildiradi.

Oldindan ko'ra bilish - tizimni rivojlantirishning qonuniyatlari asoslangan, haqiqatni, oldindan aks ettirishdir. Bu narsa tizimning kelgusidagi holati haqida ma'lum xulosa chiqarish imkonini beradi.

Istiqbollash (bashorat) - bu ehtimol yo'nalishlar, ob'ektlar va hodisalarning rivojlanishi natijalari. Prognozlash - bu ob'ektni rivojlantirish istiqbolini belgilab beradigan maxsus ilmiy tadqiqotlardir.

Rejalashtirish - bu aniq belgilangan maqsad, uni amalga oshirishning yo'llari va tadbirlari, belgilangan xom ashyolar bilan ajralib turadi.

Reja - yakka yagona, ijrosi majbur bo'lgan direktiv hujjatdir. Shunday qilib rejalashtirish, prognozlash, oldindan aytib berish, oldindan ko'ra bilish - kelajakni baholashning ishonchlilik darajasiga qarab bir-biridan farq qiladi.

Qurilgan model asosida nuqtali va intervalli prognozlar hisoblab chiqiladi.

Nuqtali prognoz-vaqtli modellar uchun vaqt omilining tegishli qiymatini modelga (trend tenglamasi) almashtirish orqali olinadi, ya'ni $t=n+1$, $t=n+2$..., $t=n+k$ nuqta modelga qo'yiladi; bu erda n -ixtiyoriy son, k -prognoz qilingan davr.

Ekstrapolyatsiya natijasida olingan haqiqiy ma'lumotlar va bashoratli nuqta taxminlarining aniq mos kelishi juda kam uchraydi.

Prognoz qiymatidan og'ishlarning paydo bo'lishi quyidagi sabablar bilan izohlanadi:

- bashorat qilish uchun tanlangan model tendentsiyani tavsiflash uchun yagona imkoniyat emas. Siz aniqroq natijalar beradigan boshqa modelni tanlashingiz mumkin;

- prognoz cheklangan miqdordagi dastlabki ma'lumotlar asosida amalga oshiriladi. Har bir boshlang'ich daraja tasodifiy komponentga ega, shuning uchun ekstrapolyatsiya qilingan egri chiziq tasodifiy komponentni ham o'z ichiga oladi;

- trend bir qator dinamikaning o'rta darajadagi harakatini tavsiflaydi. Shaxsiy kuzatuvlar o'rta darajadan chetga chiqishi mumkin. Bunday og'ishlar kelajakda kuzatiladi.

Intervalli prognozlar. Intervalli prognozlar nuqta prognozlari asosida tuziladi. Ishonch oralig'i-bu oldindan tanlangan ehtimollik bilan taxmin qilingan indikatorning qiymatini o'z ichiga olgan deb taxmin qilish mumkin bo'lgan interval. Intervalning kengligi modelning sifatiga (modelning haqiqiy ma'lumotlarga yaqinlik darajasi), kuzatuvlar soniga, bashorat qilish doirasiga, foydalanuvchi tomonidan tanlangan ehtimollik darajasiga va boshqa omillarga bog'liq.

Nuqtada prognoz qilish uchun $\tilde{y} = a_0 + a_1x$ regressiya tenglamasiga $x=x_k$ nuqtada qiymati topiladi va berilgan y_k bilan taqqoslanadi.

a_0 va a_1 parametrlarning qiymatlari aniqlangandan so'ng ularni joylashish oralig'ini aniqlash ham muhim vazifalardan biridir.

Parametrlarning ishonchlik intervallarini ulaning qiymatining ma'lum bir oraliq ichida o'zgarishiga aytiladi. Parametrlarning ishonchlik oralig'larini $p=1-\alpha$ ehtimollik bilan aniqlanadi.

Juft chizikli regressiya tenglamasining ishonchlik oralig'larini quyidagi formulalar bilan topiladi:

$a_j (j=0,1)$ parametr uchun p ehtimollik bilan ishonchlik oralig'ini quyidagi formula bilan topiladi:

$$I_p = (a_0 - t_{\alpha/2}(\alpha, n-2) \cdot S_{a_0}; a_0 + t_{\alpha/2}(\alpha, n-2) \cdot S_{a_0}), \quad (12.1)$$

$$I_p = (a_1 - t_{\alpha/2}(\alpha, n-2) \cdot S_{a_1}; a_1 + t_{\alpha/2}(\alpha, n-2) \cdot S_{a_1}), \quad (12.2)$$

$a_j (j=0,1)$ parametrning standart xatosi

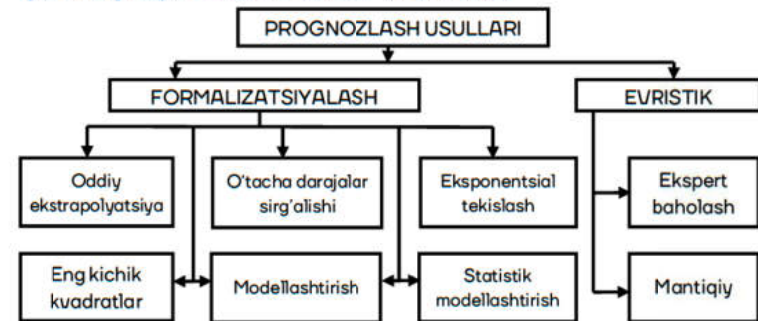
$$S_{a_1} = \frac{\sqrt{\sum (y - \tilde{y})^2}}{\sqrt{(n-2) \sum (x - \bar{x})^2}}, \quad S_{a_0} = \frac{\sqrt{\sum x^2} \cdot \sqrt{\sum (y - \tilde{y})^2}}{\sqrt{n \cdot (n-2) \sum (x - \bar{x})^2}}, \quad (12.3)$$

formula orqali hisoblanadi.

12.3. PROGNOZ USULLARI VA ULARNING TURLARI

Prognozlash masshtabiga ko'ra makroiqtisodiy va mikroiqtisodiy prognozlarga ajratiladi.

Normativ prognoz bo'lajak maqsadlarga erishish uchun tizimni rivojlanish yo'nalishlarini va muddatlarini aniqlaydi (belgilaydi). Maqsad qilingan holatga tizim erishish uchun, ta'sir etuvchi omillarga qanday o'zgarishlar kiritish zarur? Boshqa so'z bilan aytganda qanday qilib maqsadga erishish mumkin? (12.1.-rasm)



12.1.-rasm. Prognozlash usullari¹⁷

Ekspert (lotincha «tajribali») amalga oshiradigan ekspertiza jarayoni uch bosqichdan iborat:

- 1) Ekspertizaga tayyorlanish.
- 2) Ekspertlar bilan so'rov o'tkazish.
- 3) So'rov natijalarini qayta ishlash.

Ekspertlarning o'zlari ikkinchi bosqichda qatnashadilar.

Tayyorgarlik ishi uch qismdan iborat:

- 1) Savol shakli va mazmunini belgilash.
- 2) Savollarni tuzish.
- 3) Ekspertlarni shaxsan tanlash va jalb etish.

So'rov shakllari: intervyu olish, muloqot, yig'ilish, g'oyalarni tanlash, o'yinlar o'tkazish, anketa tuzish va Delfi usuli.

So'roqlar individual yoki guruhlarda, yuzma-yuz va sirtidan o'tkazish mumkin.

Anketa va intervyularda savolni tanlash qiyin. Savollar ochiq yoki yopiq yoki bir necha shaklda bo'lishi mumkin. Ochik javoblar sifatli yoki erkin holda sonli ifodalar bo'ladi.

¹⁷ Shodiev T.Sh. va boshqalar. Ekonometrika. O'quv qo'llanma. –T.: TDIU, 2010, 123 b.

Yopiq savolga javoblar: «ha», «yo'q», «bilmayman» singari bo'ladi.

Ko'p savollar bo'lganda zarur javob chiziladi.

Ekspertlar guruhini tuzish. Avvalambor ekspertlarni tanlash, ularning malakalariga e'tibor berish va keyinchalik guruhlar tuzish zarur.

Kerakli belgilardan ekspertning ishchanligi, mahorati, o'rganilayotgan sohaning mutaxassisi bo'lishi zarur. Buning uchun ko'p mutaxassislarga savol berilib, u yoki bu sohada kim ekspert ekanligini so'rash mumkin. Keyinchalik eng ko'p ovoz olgan ekspertni guruhga kiritish lozim:

$$X_{ij} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}, (12.4)$$

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 bo'ladi.

Delfi usuli. Delfi usuli AQSh da XX asrning 60-yillarda yaratilgan. U sirtidan so'rov o'tkazishga asoslangan. Uning xususiyatlari: sirtqi, anonim, so'rovlar bir necha bosqichlarda o'tkaziladi hamda teskari aloqa 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 imzo qo'ymasdan pochta orqali jo'natiladi. Tashkilotchilar ekspertlar javoblarini qayta ishlaydi, baho chiqaradi. Mazmun jihatdan o'rtachalar, farqlar va dispersiya hisoblanadi. Bir oy o'tgandan keyin ikkinchi tur o'tkaziladi. Ekspertlarga birinchi tur natijalari bayon qilinib savollar beriladi. Birinchi tur javoblarini inobatga olib ekspertlardan savollarga javob berishi so'raladi. Javoblar yana umumlashtirilib zarur bo'lsa yana qo'shimcha turlar o'tkaziladi. Agar uchinchi turdan so'ng javoblardagi farqlar katta bo'lmasa so'rov o'tkazish tuxatiladi. Oxirgi tur natijalari umumlashtiriladi va tugallangan hisoblanadi.

Prognozlashda **ekstrapolyatsiya usuli** o'rganiladigan ob'ektning rivojlanishiga taalluqli bo'lgan omillarning doiraviylik, o'zgarimaslik sharoitiga asoslangan bo'lib, ob'ektning o'tmishdagi va shunga asoslanib kelajakdagi rivojlanish qonuniyatlarini o'rganadi.

Vaqtli qatorlarning o'zgarish darajalariga qarab ekstrapolyatsiya oddiy va murakkab bo'lishi mumkin. Prognozlashning oddiy ekstrapolyatsiya usuli tenglamalarining absolyut qiymatlari, qatorlarning o'rta qiymatlari, o'rtacha absolyut o'sish va o'sishning o'rtacha tezligiga nisbatan o'zgarimas

qiymatlarga ega degan xulosaga asoslangan. Prognozning murakkab ekstrapolyatsiya usuli, trendni ifodalovchi statistik formulalarni qo'llashga asoslangan bo'lib ikki turga: takomillashgan va analitik turlarga bo'linadi. Prognozning takomillashgan usulida vaqt bo'yicha ketma-ket keladigan prognoz qiymatlarini avvaldan mavjud bo'lgan ko'rsatkichlar asosida hisoblab topiladi. Bunga o'zgaruvchan va eksponensial o'rta qiymat, garmonik vaznlar avtoregression o'rta qiymat, garmonik vaznlar avtoregression o'zgartirish usullari kiradi.

Analitik usul eng kichik kvadrat usuli yordamida f_t - ning determinik tarkibini aniqlashdan iboratdir.

Bir o'lchamli vaqtli qatorlarni modellash usullari

Qisqa muddatga prognozlash keng qo'llaniladigan prognozlash usuli ekstrapolyatsiya usulidir. Ekstrapolyatsiya usuli prognozlashni odatda bir o'lchamli vaqtli qatori asosida amalga oshiradi. Ma'lumki bir o'lchamli vaqtli qatorlarni modellash usullari iqtisodiy ko'rsatkichlarning vaqtli qatorlarga asoslangan bo'lib, quyidagi to'rt tarkibiy qismlardan tashkil topgandir:

1) tahlil qilinadigan jarayonning uzoq davrda rivojlanish qonuniyatlari 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 determinik tarkibiy qismidir.

Trendlardagi chetlanishlar tasodifiy omillar sababli yuzaga keladi. Yuqoridagilarga asoslanib vaqt qatori funksiyasini quyidagicha beramiz:

$$y_t = f(t) + \varepsilon_t, (12.5)$$

bu yerda f_t – jarayonlarning vaqt bo'yicha yo'nalishining doimiy tarkibiy qismi;

ε_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 modellashtirishning 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

$$\text{quyidagicha yozamiz: } \tilde{y}_t = \sum_{\tau=-q}^s a_{\tau} y_{t+\tau}, \quad (12.6)$$

bu yerda: $\tilde{y}_t$ - t davrda tenglama qiymatlarini tekislash;

a_{τ} - t davrdan masofada turgan qatorlar darajasining vazni;

s - t davrdan so'ng darajalar soni;

q - t davrgacha bo'lgan darajalar soni.

a_{τ} 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: $\tilde{y}_t = a_0 + a_1 t$ - birinchi darajali

$$\tilde{y}_t = a_0 + a_1 t + a_2 t^2, \quad (12.7) \text{ - ikkinchi darajali}$$

$$\tilde{y}_t = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3, \quad (12.8) \text{ - uchinchi darajali}$$

$$\tilde{y}_t = a_0 + a_1 t + \dots + a_k t^k, \quad (12.9) \text{ - } k \text{-darajali}$$

2) har xil eksponentialar :

$$\tilde{y}_t = a_0 a_1^t, \quad (12.10)$$

$$\tilde{y}_t = a_0 a_1^{b_1 t + b_2 t^2}, \quad (12.10)$$

$$\tilde{y}_t = b + a_0 a_1^t, \quad (12.11)$$

modifitsilashgan eksponenta.

3) mantiqiy egri chiziqlar:

$$\tilde{y}_t = \frac{K}{1 + a_0 e^{-a_1 t}}, \quad (12.12)$$

$$\tilde{y}_t = \frac{K}{1 + 10^{a_0 + a_1 t}}, \quad (12.13)$$

bu yerda e - natural logarifm asosi

4) Gomperts egri chizigi:

$$\tilde{y}_t = k \cdot a_0^{a_1^t}$$

Egri chiziqli aniqlashning boshqa yo'li birinchi, ikkinchi va x.k. darajalar ayirmasini topishdan iboratdir ya'ni:

$$\Delta_1 = y_t - y_{t-1}, \quad \Delta_2 = \Delta_1 - \Delta_{1,t-1}, \quad \Delta_3 = \Delta_2 - \Delta_{2,t-1}$$

Bu jarayon ayirmalar bir-biriga tenglashguncha davom etadi.

Ekstrapolyasiya - oldingi va keyingi darajalarni tendensiyalarni rivojlanishining ilmiy usuli. Ekstrapolyasiya usuliga o'rtacha sirg'alish usuli, eksponensial tekislash usuli va eng kichik kvadratl usuli kiradi.

Eksponensial tekislash usuli o'rtacha prognozlashtirish ichida eng samarali. Bu usulda bir davr oldingi holat prognoz qilinadi.

Ko'rsatkich davrini uzaytirish usuli so'nggi yillardagi miqdorlarning uzoq davrlar uchun o'rtacha miqdorlarini hisoblash va kelgusi davr uchun ham shu o'rtacha miqdorni prognoz qilish yordamida amalga oshiriladi. O'rtacha sirg'aluvchi usulda davrlar bo'yicha haqiqiy miqdorlarning arifmetik o'rtachalari hisobga olinadi va bunda keskin yuksalish hamda pasayish ko'rsatkichlari, vaqtli qatorlardagi "qavariq" miqdorlar, "sirg'anchiq" tekis qatorlarga aylantiriladi. Eksponensial tekislash usuli so'nggi davrlar miqdorlari va eksponensial parametri asosida vaqtli qatorlarni tekislash usuli bo'lib, qisqa muddatli yaqin kelajak uchun prognoz ishlab chiqishga qulay hisoblanadi. Uzoq davrlarga prognozni amalga oshirganda, olinadigan natija bir-biriga yaqin yoki teng bo'lib qoladi. Bu usulda Braun tomonidan ishlab chiqilgan eksponensial tekislash formulasidan foydalaniladi:

$$y_{t+1} = \alpha \cdot y_t + (1 - \alpha) \cdot y_{t-1}, \quad (12.7)$$

y_{t+1} - tekislangan yoki prognoz qilinayotgan davr ma'lumoti;

y_t - joriy davr ma'lumoti;

y_t - o'tgan (bazis) davr ma'lumoti;

Eksponensial tekislash parametri quyidagi formula bilan topiladi:

$$\alpha = \frac{2}{n+1},$$

Bu yerda n - ko'zatishlar soni.

Eksponensial tekislash parametri (α) 0 va 1,0 oraliqda joylashib, $0 < \alpha < 0,5$ vaziyat (kuzatuvlar soni 3 martadan ko'p bo'lgan vaziyat), prognoz miqdorda o'tgan davr ta'siri, $0,5 < \alpha < 1$ (kuzatuvlar soni 3 martadan kam bo'lgan vaziyat) joriy davr ta'siri yuqori, parametri 0,5 ga teng bo'lishi ikkala davr ta'siri teng bo'lishini ko'rsatadi.

Shu o'rinda aytish joizki, ba'zi adabiyotlarda joriy va o'tgan davr ma'lumotlari to'g'ridan-to'g'ri mutlaq miqdorlar keltirilsa, ayrimlarida joriy ma'lumot o'rta joriy va o'tgan davr arifmetik o'rtacha miqdori, o'tgan davr ma'lumoti o'rnida o'tgan va undan oldingi yil miqdorlarining arifmetik o'rtacha miqdori olinadi.

Ekspontensial tekislash natijasida olingan ma'lumotlardagi o'rtacha nisbiy xatolik (ε) quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\varepsilon = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{|y - y_{pr}|}{y}, (3)$$

Approksimasiya xatosi quyidagiga teng: $A=100 \cdot \varepsilon$.

Approksimasiya xatosi 0-10 oraliqda prognoz aniqligi yuqori, 10-20 oraliqda yaxshi, 20-50 qoniqarli, 50 dan yuqori aniqligi qoniqarsiz deb belgilangan. Trend tenglamalari bo'yicha vaqtli qatorlarni prognozlash juda keng tarqalgan usul bo'lib, bunda eng sodda va ko'p ishlatiladigan to'g'ri chiziqli trend tenglamasi hisoblanad

12.1-masala. Korxonaning 2011-2021 yillardagi ishlab chiqarish haqidagi ma'lumotlar 1-jadvalda berilgan.

t	Yillar	Ishlab chiqarish hajmi, mlrd. so'm.
1	2011	40592,30
2	2012	46237,40
3	2013	44194,30
4	2014	55429,20
5	2015	61755,10
6	2016	83303,40
7	2017	98406,40
8	2018	111904,80
9	2019	123858,80
10	2020	152130,40
11	2021	121749,50

Quyidagilar amalga oshirilsin:

1) eksponensial tekislash;
2) berilgan masalani "Eng kichik kvadratlar usuli" yordamida chiziqli trendini topish;

3) $y_{t+1} = \alpha \cdot \bar{y}_t + (1 - \alpha) \cdot y_{t-1}$ yordamida chiziqli trendini topish;

4) $y_{t+1} = \alpha \cdot y_t + (1 - \alpha) \cdot y_{t-1}$ yordamida chiziqli trendini topish.

1) Eksponensial tekislash

Eksponensial tekislash quyidagi formulalar bilan hisoblanadi:

1) $y_{t+1} = \alpha \cdot \bar{y}_t + (1 - \alpha) \cdot y_{t-1}$

2) $y_{t+1} = \alpha \cdot y_t + (1 - \alpha) \cdot y_{t-1}$.

Ekspontensial tekislash parametri quyidagi formula bilan topiladi:

$$\alpha = \frac{2}{n+1},$$

bu yerda n –ko'zatishlar soni.

$$\alpha = \frac{2}{12} = 0,17.$$

Hisoblash natijalari quyidagi 1-jadvalda keltirildi.

1-jadval

t	Yillar	Ishlab chiqarish hajmi, mlrd. so'm.	Ekspontensial o'rtacha tekislash, mlrd. sum.	$\varepsilon = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{ y - y_{pr} }{y}$	1-usul	2-usul
1	2011	40592,3	1-usul	2-usul	1-usul	2-usul
2	2012	46237,4	-	-	-	-
3	2013	44194,3	52897,54	41551,97	0,0219	0,0066
4	2014	55429,2	51201,77	45890,07	0,0085	0,0191
5	2015	61755,1	60526,73	46104,23	0,0022	0,0282
6	2016	83303,4	65777,23	56504,60	0,0234	0,0357
7	2017	98406,4	83662,32	65418,31	0,0166	0,0372
8	2018	111904,8	96197,81	85870,91	0,0156	0,0258
9	2019	123858,8	107401,5	100701,13	0,0148	0,0208
10	2020	152130,4	117323,3	113936,98	0,0254	0,0279
11	2021	121749,5	140788,7	128664,97	0,0174	0,0063
Jami		939561,6	775776,9	684643,18	0,1457	0,2077
O'rtacha		85414,69		A=100	14,57	20,77

O'rtacha nisbiy xatolik 20-50 oralig'ida tekislash qoniqarli. Endi chiziqli trendlarni hisoblaymiz.

2) Berilgan masalani "Eng kichik kvadratlar usuli" yordamida chiziqli trendini topish

Berilgan ma'lumotlar asosida hisoblashlarni 1-jadvalda amalga oshiramiz.

Bog'lanish turi: $\tilde{y} = a_0 + a_1 t$ ko'rinishida izlanadi.

2-jadval

n	t	yt	t·yt	t²
1	1	40592,30	40592,30	1
2	2	46237,40	92474,80	4
3	3	44194,30	132582,90	9
4	4	55429,20	221716,80	16
5	5	61755,10	308775,50	25
6	6	83303,40	499820,40	36
7	7	98406,40	688844,80	49
8	8	111904,80	895238,40	64
9	9	123858,80	1114729,20	81
10	10	152130,40	1521304,00	100
11	11	121749,50	1339244,50	121
jami	66	939561,60	6855323,60	506
o'rtacha	6	85414,69	623211,24	46

1-jadval ma'lumotlariga ko'ra hisoblashlarni amalga oshiramiz.

$n=11$.

$$\bar{t} = \left(\sum t \right) / n = 66 / 11 = 6;$$

$$\bar{y}_t = \left(\sum y_t \right) / n = 939561,60 / 11 = 85414,69;$$

$$a_1 = \frac{N \sum ty_t - \sum t \sum y_t}{N \sum t^2 - \left(\sum t \right)^2}; a_1 = \frac{11 \cdot 6855323,60 - 66 \cdot 939561,60}{11 \cdot 506 - 66^2} = 11072,3;$$

-t ning oldidagi koeffitsiyent;

$$a_0 = \frac{\sum t^2 \sum y_t - \sum t \sum ty_t}{N \sum t^2 - \left(\sum t \right)^2},$$

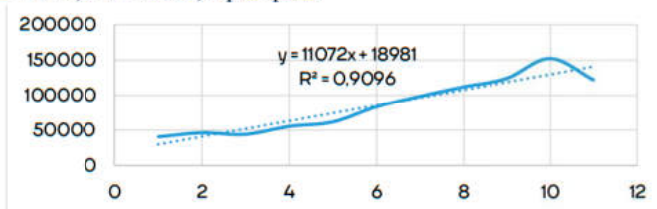
$$a_0 = \frac{506 \cdot 939561,60 - 66 \cdot 6855323,60}{11 \cdot 506 - 66^2} = 18980,8 - \text{ozod had};$$

Izlanayotgan regessiya tenglamasi $\tilde{y} = 11072,3 \cdot t + 18980,8$ dan iborat.

3-jadval

n	t	yt		$\varepsilon = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{ y_i - y_{pr} }{y_i}$
1	1	40592,3	30053,1	0,0236
2	2	46237,4	41125,5	0,0101
3	3	44194,3	52197,8	0,0165
4	4	55429,2	63270,1	0,0129
5	5	61755,1	74342,4	0,0185
6	6	83303,4	85414,7	0,0023
7	7	98406,4	96487,0	0,0018
8	8	111904,8	107559,3	0,0035
9	9	123858,8	118631,6	0,0038
10	10	152130,4	129703,9	0,0134
11	11	121749,5	140776,2	0,0142
jami	66	939562	939561,6	0,1206
o'rtacha	6	85414,7	85414,69091	
			A=ε:100	12,6

O'rtacha nisbiy xatolik 10-20 oralig'ida ekanligidan model $\tilde{y} = 11072,3 \cdot t + 18980,8$ qoniqarli.



3) $y_{t+1} = \alpha \cdot \tilde{y}_t + (1 - \alpha) \cdot y_{t-1}$ yordamida chiziqli trendini topish

$y_{t+1} = \alpha \cdot \tilde{y}_t + (1 - \alpha) \cdot y_{t-1}$ eksponensial tekislash usuli bilan topilgan ma'lumotlar asosida chiziqli trend hisoblashlarni amalga oshiramiz.

Bog'lanish turi: $\tilde{y} = a_0 + a_1 t$ ko'rinishida izlanadi.

4-jadval

n	t	yt	t·yt	t ²
1	1	52897,54	52897,5	1
2	2	51201,77	102404	4
3	3	60526,73	181580	9
4	4	65777,23	263109	16
5	5	83662,32	418312	25
6	6	96197,81	577187	36
7	7	107401,5	751811	49
8	8	117323,3	938586	64
9	9	140788,7	1267098	81
jami	45	775777	4552984	285
o'rtacha	5	86197,4	505887	31,6667

1-jadval ma'lumotlariga ko'ra hisoblashlarni amalga oshiramiz n=9.

$$\bar{t} = (\sum t) / n = 55 / 10 = 5,5;$$

$$\bar{y}_t = (\sum y_t) / n = 775777 / 9 = 86197,4;$$

$$a_1 = \frac{N \sum t y_t - \sum t \sum y_t}{N \sum t^2 - (\sum t)^2}; a_1 = \frac{9 \cdot 4552984 - 45 \cdot 775777}{9 \cdot 285 - 45^2} = 11234,99;$$

-t ning oldidagi koeffitsiyent;

$$a_0 = \frac{\sum t^2 \sum y_t - \sum t \sum t y_t}{N \sum t^2 - (\sum t)^2}, a_0 = \frac{285 \cdot 775777 - 45 \cdot 4552984}{9 \cdot 385 - 45^2} = 30022,49$$

ozod had;

Izlanayotgan regessiya tenglamasi $\tilde{y} = 11234,99 \cdot t + 30022,49$ dan iborat.

Approksimasiya xatosini aniqlaymiz.

5-jadval

n	t	yt	$\tilde{y} = 11234,99 \cdot t + 30022,49$	$\varepsilon = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{ y_i - y_{pr} }{y_i}$
1	1	44194,3	41257,48	0,0074
2	2	55429,2	52492,47	0,0059
3	3	61755,1	63727,46	0,0035
4	4	83303,4	74962,44	0,0111
5	5	98406,4	86197,43	0,0138
6	6	111905	97432,42	0,0144
7	7	123859	108667,41	0,0136
8	8	152130	119902,40	0,0235
9	9	121750	131137,39	0,0086
jami	45	852732	775776,90	0,1018

Approksimasiya xatosi A=10,18 ekanligi 10-12 oralig'ida model $\tilde{y} = 11234,99 \cdot t + 30022,49$ yaxshi.

4) $y_{t+1} = \alpha \cdot y_t + (1 - \alpha) \cdot y_{t-1}$ yordamida chiziqli trendini topish

$y_{t+1} = \alpha \cdot y_t + (1 - \alpha) \cdot y_{t-1}$ eksponensial tekislash usuli bilan topilgan ma'lumotlar asosida hisoblashlarni amalga oshiramiz.

Bog'lanish turi: $\tilde{y} = a_0 + a_1 t$ ko'rinishida izlanadi.

6-jadval

n	t	yt	t·yt	t ²
1	1	41551,97	41552	1
2	2	45890,07	91780,1	4
3	3	46104,23	138313	9
4	4	56504,6	226018	16
5	5	65418,31	327092	25
6	6	85870,91	515225	36
7	7	100701,1	704908	49
8	8	113937	911496	64
9	9	128665	1157985	81
jami	45	684643	4114369	285
o'rtacha	5	76071,5	457152	31,6667

1-jadval ma'lumotlariga ko'ra hisoblashlarni amalga oshiramiz $n=9$.

$$\bar{t} = (\sum t) / n = 45 / 9 = 5;$$

$$\bar{y}_t = (\sum y_t) / n = 684643 / 9 = 76071,5;$$

$$a_1 = \frac{N \sum ty_t - \sum t \sum y_t}{N \sum t^2 - (\sum t)^2}; a_1 = \frac{9 \cdot 4114368,69 - 45 \cdot 684643}{9 \cdot 285 - 45^2} = 11519,2;$$

-t ning oldidagi koeffitsiyent;

$$a_0 = \frac{\sum t^2 \sum y_t - \sum t \sum ty_t}{N \sum t^2 - (\sum t)^2}; a_0 = \frac{285 \cdot 684643 - 45 \cdot 4114368,69}{10 \cdot 385 - 55^2} = 18475,4$$

ozod had;

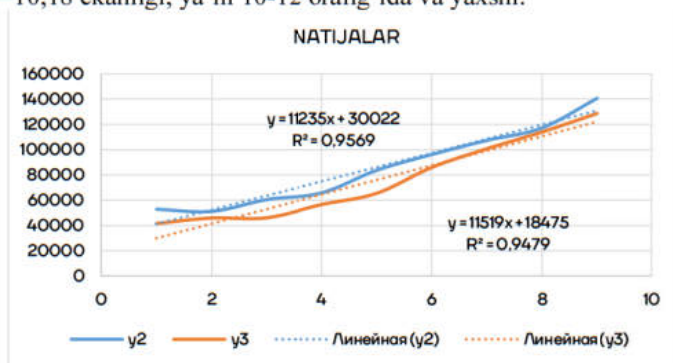
Izlanayotgan regessiya tenglamasi $\tilde{y} = 11519,2 \cdot t + 18475,4$ dan iborat.

7-jadval

n	t	y_t	$\tilde{y} = 11519,2 \cdot t + 18475,4$	ε
1	1	44194,3	29994,61	0,0357
2	2	55429,2	41513,82	0,027894
3	3	61755,1	53033,04	0,015693
4	4	83303,4	64552,25	0,025011
5	5	98406,4	76071,46	0,025218
6	6	111904,8	87590,68	0,024142
7	7	123858,8	99109,89	0,022202
8	8	152130,4	110629,1	0,030311
9	9	121749,5	122148,3	0,000364
jami	45	852731,9	684643,2	0,206535
o'rtacha	5	94747,99	76071,46	
		$A=100 \cdot \varepsilon$		20,65

$y_{t+1} = \alpha \cdot y_t + (1 - \alpha) \cdot y_{t-1}$ eksponensial tekislash usuli bilan topilgan regessiya tenglamasi $\tilde{y} = 11519,2 \cdot t + 18475,4$ dan iborat bolib. Uning approksimasiya xatosi $A=20,65$ ekanligi kelib chiqdi.

Xulosa qilib aytganda, $y_{t+1} = \alpha \cdot \tilde{y}_t + (1 - \alpha) \cdot y_{t-1}$ **boyicha aniqlangan** $\tilde{y} = 11234,99 \cdot t + 30022,49$ model approksimasiya xatosi $A=10,18$ ekanligi, ya'ni 10-12 oralig'ida va yaxshi.



Korxonada amalga oshirilayotgan keng qamrovli islohotlar jarayonida iqtisodiyot tarmoqlarining rivojlanishini prognozlash bu tarmoqning istiqbolini belgilab berish bilan birga unga ta'sir etuvchi omillari ham aniqlanadi. Bu omillarning ta'sir darajalarini aniqlash tarmoqning istiqboldagi samaradorligiga ijobiy ta'sir ko'rsatuvchi omillarni aniqlash imkonini beradi. Ma'lumki, iqtisodiyot tarmoqlari rivojlanishining prognozi haqiqiy va hisoblangan qiymatlar o'rtasidagi farq qanchalik kichik bo'lsa, regressiya tenglamasi asosida tuzilgan prognozlar shunchalik aniq bo'ladi. $y_{t+1} = \alpha \cdot \tilde{y}_t + (1 - \alpha) \cdot y_{t-1}$ eksponensial tekislash usuli bilan topilgan chiziqli trend $\tilde{y} = 11234,99 \cdot t + 30022,49$ yaxshi ekanligi kelib chiqdi. Eksponensial tekislashdan keyin eng kichik kvadratlar usuli yordamida amalga oshirilgan prognozning o'rtacha nisbiy xatoligi 10 foiz bo'lar ekan, bu prognozning aniqligi yuqoriligini bildiradi. Yuqoridagilardan xulosa shuki, EKKU yordamida qilingan prognoz ko'proq ishonarli bo'lar ekan.

Prognoz natijalari quyidagicha bo'ladi:

Yillar	2022	2023	2024	2025	2026
Ishlab chiqarish hajmi, mlrd. so'm.	142372,4	153607,4	164842,4	176077,4	187312,4

Bajarish uchun topshiriqlar

12.2-masala. Korxonaning 2011-2021 yillardagi ishlab chiqarish haqidagi ma'lumotlar 1-jadvalda berilgan.

t	Yillar	Ishlab chiqarish hajmi, mlrd. so'm.
1	2011	592,30
2	2012	237,40
3	2013	194,30
4	2014	429,20
5	2015	755,10
6	2016	303,40
7	2017	406,40
8	2018	904,80
9	2019	858,80
10	2020	1030,40
11	2021	1049,50

Quyidagilar amalga oshirilsin:

- 1) eksponensial tekislash;
- 2) berilgan masalani "Eng kichik kvadratlar usuli" yordamida chiziqli trendini topish;
- 3) $y_{t+1} = \alpha \cdot \tilde{y}_t + (1 - \alpha) \cdot y_{t-1}$ yordamida chiziqli trendini topish;
- 4) $y_{t+1} = \alpha \cdot y_t + (1 - \alpha) \cdot y_{t-1}$ yordamida chiziqli trendini topish.

12.3-masala. Korxonaning 2011-2021 yillardagi ishlab chiqarish haqidagi ma'lumotlar 1-jadvalda berilgan.

t	Yillar	Ishlab chiqarish hajmi , mlrd. so'm.
1	2011	692,30
2	2012	437,40
3	2013	594,30
4	2014	429,20
5	2015	755,10
6	2016	603,40
7	2017	506,40
8	2018	904,80
9	2019	858,80
10	2020	930,40
11	2021	949,50

Quyidagilar amalga oshirilsin:

- 1) eksponensial tekislash ;
- 2) berilgan masalani "Eng kichik kvadratlar usuli" yordamida chiziqli trendini topish;
- 3) $y_{t+1} = \alpha \cdot \bar{y}_t + (1 - \alpha) \cdot y_{t-1}$ yordamida chiziqli trendini topish;
- 4) $y_{t+1} = \alpha \cdot y_t + (1 - \alpha) \cdot y_{t-1}$ yordamida chiziqli trendini topish.

12.4-masala. Korxonaning 2011-2021 yillardagi ishlab chiqarish haqidagi ma'lumotlar 1-jadvalda berilgan.

t	Yillar	Ishlab chiqarish hajmi , mlrd. so'm.
1	2011	1592,30
2	2012	1237,40
3	2013	2194,30
4	2014	1429,20
5	2015	1755,10
6	2016	1303,40
7	2017	1406,40
8	2018	1904,80
9	2019	1858,80
10	2020	1030,40
11	2021	1049,50

Quyidagilar amalga oshirilsin:

- 1) eksponensial tekislash;
- 2) berilgan masalani "Eng kichik kvadratlar usuli" yordamida chiziqli trendini topish;
- 3) $y_{t+1} = \alpha \cdot \bar{y}_t + (1 - \alpha) \cdot y_{t-1}$ yordamida chiziqli trendini topish;
- 4) $y_{t+1} = \alpha \cdot y_t + (1 - \alpha) \cdot y_{t-1}$ yordamida chiziqli trendini topish.

Muhokama uchun savollar

1. Prognoz deganda nimani tyshunasiz?
2. Prognozlash nima?
3. Iqtisodiy prognozlash deganda nimani tyshunasiz?
4. Rejalashtirish nima?
5. Reja nima?
6. Nuqtali prognozlash deganda nimani tyshunasiz?
7. Intervalli prognozlash deganda nimani tyshunasiz?
6. Prognozlash usullari va ularning turlarini tushuntirib bering.
7. Ekspertlar guruhi qanday tuziladi?
8. Delfi usuli tushuntirib bering.
9. Ekonometrik model tuzish uchun omillarni tanlash uslubiyoti nimalardan iborat?
10. Ekonometrik model parametrlarini iqtisodiy tahlilini tushuntirib bering.
11. Elastiklik koeffitsiyentlarining iqtisodiy mohiyati nimalardan iborat va ular qanday hisoblanadi?

STASIONAR QATORLAR. ARMA MODEL



13.1. VAQTLI QATORLARNING QO'LLANISHI

Vaqtli qatorlarni tahlil qilishda ekonometrikaning fazoviy ma'lumotlaridan foydalaniladi. Fazoviy va vaqtli qatorning farqini aniqlash uchun alohida modellardan foydalaniladi. Vaqtli qatorlar ekonometrik regression modellar tuzishda o'ziga xos xususiyatlarni yuzaga keltiradi:

- vaqt bo'yicha tartiblanishi;
- oldingiga boq'liqligi ("xotira", seriyali yoki avtokorrelyasiya);
- qisqa muddatli va uzoq muddatli bog'liklik modellari;
- kam sondagi kuzatishlar.

Vaqtli qator-qandaydir davrdagi vaqtda tartiblangan qiymatlar ketma-ketligi. Vaqtli qatorga misol: birja kursi. Oddiy tanlanmaga misol: do'kon xaridorlarining elektron pochta.

Vaqtli qatorning iqtisodiy modellarini tuzishda stasionar va stasionar bo'lmagan qatorlar muhim vositadir.

Stasionar qatorlarda "Eng kichik kvadratlar usuli", siljigan va siljimagan baho va samaradorlik bo'yicha olingan xato modelning adekvatligini aniqlay olmaydi.

Stasionar bo'lmagan regression modelning qo'llanilishi mavhum yoki yolg'on regressiya tenglamasini hosil qilishi mumkin.

x va y tasodifiy miqdorlar orasidagi bog'lanish xususiyatlarni kovariatsiya koeffitsiyenti va korrelyatsiya koeffitsiyenti tavsiflaydi.

Stasionar qatorlarni o'rganishda foydalaniladigan bir necha tushunchalarni keltiramiz.

Kovariatsiya koeffitsiyenti quyidagi formula bilan topiladi:

$$\text{cov}(x, y) = M[(x - \bar{x}) \cdot (y - \bar{y})] \text{ yoki } \text{cov}(x, y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [(x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})]$$

bu yerda

$\text{cov}(x, y)$ - x va y tasodifiy miqdorlarning kovariatsiya koeffitsiyenti;

x_i va y_i - x va y tasodifiy miqdorlarning i-qiymati;

$\bar{x}$ va $\bar{y}$ - x va y tasodifiy miqdorlarning o'rtacha qiymati;

i - x va y tasodifiy miqdorlarning i-tartib nomeri;

n - x va y tasodifiy miqdorlarning soni.

Korrelyatsiya koeffitsiyenti quyidagi formula bilan topiladi:

$$r_{xy} = \frac{\text{cov}(x, y)}{\sqrt{\text{var}(x)} \cdot \sqrt{\text{var}(y)}} = \frac{\text{cov}(x, y)}{\sigma_x \cdot \sigma_y},$$

bu yerda

$\text{cov}(x, y)$ - x va y tasodifiy miqdorlarning kovariatsiya koeffitsiyenti;

$\text{var}(x)$ va $\text{var}(y)$ - x va y tasodifiy miqdorlarning variatsiyasi;

$\sigma(x)$ va $\sigma(y)$ - x va y tasodifiy miqdorlarning o'rtacha kvadratik chetlashishi;

$$\text{var}(x) = D(x) = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n}, \quad \sigma(x) = D(y) = \frac{\sum (y - \bar{y})^2}{n};$$

$$\sigma(x) = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n}}, \quad \sigma(y) = \sqrt{\frac{\sum (y - \bar{y})^2}{n}}.$$

Mavhum regressiyaning quyidagi xususiyatlari mavjud, masalan,

1. Regressiya tenglamasida ozod had aniqlanmagan va $R^2 = 0,44$ kuzatishlar sonidan qat'iy nazar.

2. Modelda ozod had mavjud bo'lganda kuzatishlar soni ko'p bo'lganda $R^2 \geq 0,44$ va $R^2 \rightarrow 1$.

3. Dispersiya xatosi 14% ni tashkil qilsa, dispersiya kamaygan bo'ladi.

4. Korrelyatsiya koeffitsiyenti $\rho = 1 - \frac{10}{T}$, T - vaqtli qator uzunligi bo'lganda korrelyalashgan bo'ladi.

Vaqtli qatorlar ikki xil bo'ladi:

- bir o'lchovli;

- ko'p o'lchovli.

Bir o'lchovli va ko'p o'lchovli quyidagilarga ajratiladi:

- stasionar qatorlar;

- stasionar bo'lmagan qatorlar.

Misol. Ko'p o'lchovli vaqtli qatorlar (13.1-javal). Rossiya.

13.1 -javal

Yillar	Aholi soni (mln)	Yalpi mahsulot (mlrd. rubl)
2003	144964	13208
2004	144168	17027
2005	144474	21610
2006	142754	26917
2007	142220	33248
2008	141980	41277

Vaqtli qatorlarning eng ko'p tarqalgan turlari:

-stasionar qatorlar;

-trendga bog'liq stasionar qatorlar yoki TS-qatorlar;

-yagona ildiz ega bo'lgan bo'lgan yoki DS-qatorlar;

-cho'ziluvchan o'zgaruvchili qatorlar yoki geteroskedatlik sharti mavjud qatorlar.

Vaqtga bog'liq $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$ ta sodifiy miqdorlar ketma-ketligi vaqtli qator deyiladi.

Farazsiz bashorat qilish mumkin emas:

1, 2, 3, 4, 5 dan keyin qaysi son keladi? Javob: 42

Statsionar vaqt qatorlarida statistik xususiyatlar vaqtga bog'liq emas, shuning uchun natijani oldindan aytish oson. Ko'pgina statistik usullar barcha vaqt qatorlari statsionar bo'lishi kerakligini ko'rsatadi. Statsionar vaqt seriyasiga misol Rossiyada tug'ilish darajasi. Albatta, bu ko'plab omillarga bog'liq, ammo uning pasayishi yoki o'sishini taxmin qilish mumkin: tug'ilishning aniq mavsumiyligi yo'q.

Statsionar bo'lmagan vaqt qatorlarida statistik xususiyatlar vaqt o'tishi bilan o'zgaradi. Ular mavsumiy effektlarni, tendentsiyalarni va vaqt ko'rsatkichiga bog'liq bo'lgan boshqa tuzilmalarni ko'rsatadi. Bunga xalqaro aviakompaniya reyslari misol bo'la oladi. Muayyan yo'nalishdagi yo'lovchilar soni mavsumiylikka qarab o'zgaradi.

Klassik statistik usullar uchun statsionar vaqt seriyasining modellarini yaratish qulayroq. Agar vaqt ketma-ketligida aniq tendentsiya yoki mavsumiylik kuzatilsa, unda ushbu tarkibiy qismlarni modellashtirish va ularni kuzatuvlardan olib tashlash kerak.

Vaqtli qatorni bashorat qilish ajoyib analitik vazifadir,

Bir o'lchovli vaqtli qator

Ta'rif. Agar

• matematik kutilish $E(y_1) = E(y_2) = E(y_3) = \dots = E(y_n) = \text{const}$;

• dispersiya $\text{var}(y_1) = \text{var}(y_2) = \text{var}(y_3) = \dots = \text{var}(y_n) = \gamma_0$;

• kovariatsiya yoki chiziqli bog'lanish

$\text{cov}(y_1, y_2) = \text{cov}(y_2, y_3) = \text{cov}(y_3, y_4) = \text{cov}(y_4, y_5) = \dots = \text{cov}(y_{n-1}, y_n) = \gamma_1$

$\text{cov}(y_1, y_3) = \text{cov}(y_2, y_4) = \text{cov}(y_3, y_5) = \text{cov}(y_4, y_6) = \dots = \text{cov}(y_{n-2}, y_n) = \gamma_2$

$\text{cov}(y_1, y_{t-\tau}) = \text{cov}(y_2, y_{2-\tau}) = \text{cov}(y_3, y_{3-\tau}) = \text{cov}(y_4, y_{4-\tau}) = \dots = \text{cov}(y_{n-\tau}, y_n) = \gamma_\tau$

o'rinli bo'lsa, $y_1, y_2, y_3, \dots, y_t$ tasodifiy miqdorlar ketma-ketligi stasionar vaqtli qator deyiladi.

Ta'rif. Agar

• $E(y_t) = \text{const}$;

• $\text{cov}(y_t, y_{t-k}) = \gamma_k$

o'rinli bo'lsa, $y_1, y_2, y_3, \dots, y_t$ ta sodifiy miqdorlar ketma-ketligi stasionar vaqtli qator deyiladi.

Ta'rif. Agar $y_{t1}, y_{t2}, y_{t3}, \dots, y_{tm}$ m ta kuzatishlar soni vaqt bo'yicha siljishga bog'liq bo'lmasa, ya'ni, $y_{t1+l}, y_{t2+l}, y_{t3+l}, \dots, y_{tm+l}$, bilan ustma-ust tushsa, $y_1, y_2, y_3, \dots, y_t$ vaqtli qatorlar ketma-ketligi **qat'iy stasionar** yoki **tor ma'nodagi stasionar** vaqtli (**strictly stationarity**) qator deyiladi.

Ta’rif. Agar vaqtli qatorning statistik parametrlari qatorning matematik kutilishi (o’rtacha qiymat), dispersiyasi (o’rtacha kvadratik chetlashish kvadrati) va koovariatsiyasi vaqtga bog’liq bo’lmasa, ya’ni,

- $E(y_t) = a = \text{const}$;
- $\text{var}(y_t) = \sigma^2 = \text{const}$;
- $\text{cov}(y_t, y_{t-1}) = R(t) = \text{const}$

$y_1, y_2, y_3, \dots, y_t$ vaqtli qator **kuchsiz stasionar** yoki **keng ma’nodagi stasionar stasionar** vaqtli (**strictly stationarity**) qator deyiladi.

Yuqoridagi ta’riflardagi shartlar bajarilmasa, vaqtli qator stasionar bo’lmagan deyiladi.

Ta’rif. Agar $y_t - f(t)$ stasionar bo’lsa ($f(t)$ -trend)), $y_1, y_2, y_3, \dots, y_t$ vaqtli qator determinantlashgan trendga nisbatan stasionar deyiladi. Determinantlashgan trendga nisbatan stasionar qator TS-qator (TS-trend stationary) deyiladi.

$k=1, 2, 3, \dots, n$ ta integrallashgan to’plami stasionar ayirmalar sinfini tashkil etadi va DS-qatorga yoki nisbatan stasionar qator deyiladi.

Ekonometrik modellarni tuzishda ma’lumotlardan foydalanishda DS-qator vaqtli qatorlarning birinchi tartibli integrallashgan stasionar qatorlar bilan aniqlanadi.

$k=2$ tartibli va yuqori tartibli integrallashgan qatorda “Qisqa muddatli” vaqtli qatorlardan foydalaniladi va integrallashgan qatorning tartibi aniqlanadi.

Avtokovariatsiya funksiyasi

Stasionar qator tushunchasi qator vaqt bo’yichao’zgarimasligini bildiradi va trend hosil qilmaydi. k -qiymat vaqtli qatorning oraliqlarini o’zgarishini bildiradi va lag yoki kechikuvchi o’zgaruvchi deyiladi.

Ta’rif. Ushbu $\gamma_k = \text{cov}(y_t, y_{t-k})$ funksiya k lagning funksiyasi sifatida vaqtli qatorning avtokovariatsiya funksiyasi deb nomlanadi deyiladi.

Avtokovariatsiya funksiyasi eng sodda misol “Oq shovqin” deb nomlanadi.

Ta’rif. Agar

- matematik kutilish $E(\varepsilon_t) = 0$;
- dispersiya $\text{var}(\varepsilon_t) = \sigma^2$;
- koovariatsiya yoki chiziqli bog’lanish kuchi $\text{cov}(\varepsilon_t, \varepsilon_{t-k}) = 0$

o’rinli bo’lsa, “Oq shovqin” deyiladi.

“Oq shovqin” eng sodda misol $\varepsilon_t \cong N(0, 4)$. Bu Gauss “Oq shovqin” deb nomlanadi.

$\gamma_k = \text{cov}(y_t, y_{t-k})$ funksiya lagning musbat va manfiy qiymatlari uchun ham aniqlangan:

$\gamma_{-k} = \text{cov}(y_{t-k}, y_t) = \text{cov}(y_t, y_{t+k}) = \gamma_k$; $\gamma_k = \text{cov}(y_t, y_{t-k})$ funksiya jo’ft. k lagli korrelyatsiya koeffitsiyentini aniqlaymiz:

$$\text{corr}(y_t, y_{t+h}) = \frac{\text{cov}(y_t, y_{t+h})}{\sqrt{\text{var}(y_t)} \cdot \sqrt{\text{var}(y_{t+h})}} = \frac{\gamma_k}{\sqrt{\gamma_0} \cdot \sqrt{\gamma_0}} = \frac{\gamma_k}{\gamma_0}, (13.1)$$

Vaqtli qatorlar qo’rsatkichlarni tahlil va prognozlashtirish masalalarini o’rganadi. Vaqtli qatorda soat/kun/oy/yil kabi vaqt o’lchovlaridan foydalaniladi. Vaqtli qatorlarni tuzishda texnik, iqtisodiy, ijtimoiy hatto tabiat ko’rsatkichlaridan foydalaniladi.

13.2. VAQTLI QATORLARNI PROGNOZLASHTIRISH

ARMA va ARIMA modellar

Ikkinchi jahon urushida aloqa signallarini qayta ishlash vaqti muhim asosiy o’rinni egallagan. 1970 yilda tahlilda vaqtli qatorlardan foydalanish boshlangan.

ARMA (Autoregressive Moving Average) - o’rtacha siljishning avtoregression modeli.

ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) - o’rtacha siljishning integrallashgan avtoregression model.

AR → Avtoregression model

Kelgusidagi qiymatlar dastlabki qiymatlarga koeffitsiyentlarni ko’paytirish natijasida hosil qilinadi.

I → Integrallashgan

Stasionar bo’lmagan jarayonlardan stasionar jarayonlarga o’tishni kuzatishda turli xil hisoblashlar amalga oshiriladi.

MA → O’rtacha siljish modeli

Bu regression model ko’rsatkichlarni prognoz qilishda ilgari xatolarni hisobga olgan holda tekshirish amalga oshiriladi.

SARIMA (avtoregressiyaning mavsumiy integrallashgan o’rtacha siljishi) modeli vaqtli qatorlarda mavsumiy ko’rsatkichlarni tekshirish uchun ishlatiladi. **SARIMA** (avtoregressiyaning mavsumiy integrallashgan o’rtacha siljishi) modeli kengaytirilgan model bo’lib **ARIMA** (Autoregressive Integrated Moving Average) - o’rtacha siljishning integrallashgan avtoregression modeliga mavsumiy ko’rsatkichlarni qo’shish bilan yaratilgan.

13.3. PROPHET MODELIDA BIZNES-PROGNOZLASH

Prophet modeli biznes-prognozlashtirish Facebook Core Data Science buyrug'i tamonidan yaratilgan.

Prophet modeli uchta o'zgaruvchiga asoslangan va yning ko'rinishi:

$$y = g(t) + s(t) + h(t) + \varepsilon(t) \quad (13.2)$$

bunda

g(t) — trend. Mahsulotni ortiqcha ishlab chiqarilishining mahsulot sotish tempining pasayishiga bog'liqligini aniqlaydigan logistik funksiya.

s(t) – mavsumiylik. Hafta va yilga bog'liq davriy o'zgarishlarni mavsumiyligi modeli.

h(t) - bayramlar va hodisalar. Favquloddagi anomal kunlarning holatini hisobga oladigan model.

$\varepsilon(t)$ - xato. Model hisobga olmaydigan ma'lumotlarni saqlash.

Prophet modeli **SARIMA** modeliga nisbatan mavsumiylikni qayta ishlash va saralashda ko'proq vositalardan foydalaniladi. Bunday ustunlik vaqtli qatorlarda turli xil mavsumiylik –hafta, oy, kvartal yoki yilni tahlil qilish imkoniyatini yaratadi.

13.4. EKSPONENSIAL SILLIQLASH USULI BILAN PROGNOZLASHTIRISH

Bu usulning ustunligi-o'zoq davrni prognoz qilish.
Eksponensial silliqlash usulining matematik ko'rinishi:

$$y = a \cdot x_t + (1 - \alpha) \cdot y_{t-1} \quad (13.3)$$

α (alfa)- 0 dan 1 gacha qiymatlarni qabulqiluvchi silliqlash koeffitsiyenti.

x – vaqtli qatorning joriy qiymati (masalan, sotilgan mahsulot hajmi).

y- joriy vaqtdagi silliqlash miqlori.

t- kelgusi davrdagi trendning qiymati.

Stasionar vaqtli qatorlarning statistik xususiyatlari vaqtga bog'liq emas, shuning uchun ularning keyingi holati haqida bashorat qilish mumkin. Ko'pgina statistik usullar vaqtli qatorlarning barchasi stasionar qator bo'lishliklarini ta'kidlaydi. Masalan, stasionar qatorga misol, O'zbekistonadagi yillik tug'ilishlar ko'plab omillarga bog'liq, tug'ilishning ortganligi va kamayganligi haqida aytish mumkin, ammo tug'ilishda mavsumiylik yaqqol ko'rinmaydi.

Stasionar bo'lmagan vaqtli qatorlarning statistik xususiyatlari vaqtga bog'liq ravishda o'zgarib boradi. Stasionar bo'lmagan qatorlarda tendensiya va mavsumiylikni yaqqol ko'rinadi. Bu xususiyatlar mavsumiy hodisalar, trendlar va boshqa tarkiblar vaqt

davomida ko'rinish boradi. Masalan samolyotlarning xalqaro aviareyslari yo'nalish va vaziyatlarga qarab o'zgarib boradi.

Klassik statistik usullarni qo'llash uchun stasionar vaqtli qator qulay. Stasionar bo'lmagan qatorlarda tendensiya va mavsumiylikni yaqqol ko'ringanligi tufayli uni kuzatishlarni modelga kiritib yoki kiritmay modellashtirish mumkin.

Vaqtli qatorlarni prognozlashtirish biznes, fan-texnika va boshqa masalalarini analitik usulda amalga oshiriladi. Prognozlashtirish natijasida bashorat qilinadi. Masalan, univesitetda internetdan foydalanish uchun kerak bo'ladigan serverlar soni aniqlanadi.

13.1-masala. 10 oy ichida sotilgan mahsulot hajmi 13.2-jadvalda berilgan.

13.2-jadval

Oy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
y_t	12	13	14	15	16	17	22	21	23	24

14.1-jadval ma'lumotlariga ko'ra

1) uchta nuqtaning o'rtacha siljishini vaqtli qator bo'yicha tekislang;

2) avtokorrelyasiyaning mavjudligi yoki yo'qligini aniqlang.

3) vaqtli qatorning chiziqli trendini hosil qiling va 11,12-oy uchun prognoz qiling.

Masalaning yechilishi

1) **Uchta nuqtaning siljishini vaqtli qator bo'yicha tekislash**
 $m=1$ bo'lganda uchta nuqta bo'yicha o'rtacha siljishining formulasini aniqlaymiz:

$$y'_t = \frac{1}{3} \sum_{k=-1}^1 y_{t+k} \quad (13.4)$$

(1) formula hisoblashlarni amalga oshiramiz:

$$y'_2 = \frac{1}{3} \sum_{k=-1}^1 y_{t+k} = \frac{1}{3} (y_1 + y_2 + y_3) = \frac{1}{3} (12 + 14 + 13) = \frac{39}{3} = 13 ;$$

$$y'_3 = \frac{1}{3} \sum_{k=-1}^1 y_{t+k} = \frac{1}{3} (y_2 + y_3 + y_4) = \frac{1}{3} (14 + 13 + 15) = \frac{42}{3} = 14 ;$$

$$y'_9 = \frac{1}{3} \sum_{k=-1}^1 y_{t+k} = \frac{1}{3} (y_8 + y_9 + y_{10}) = \frac{1}{3} (21 + 23 + 24) = \frac{38}{3} = 22,67 .$$

Ma'lumotlarni jadval ko'rinishiga keltiramiz:

Oy	y_t	y'_t
1	12,00	-
2	14,00	13,00
3	13,00	14,00
4	15,00	14,67
5	16,00	16,00
6	17,00	18,33
7	22,00	20,00
8	21,00	22,00
9	23,00	22,67
10	24,00	-

13.3-jadval

Berilgan va tekislangan vaqtli qatorni 13.4-jadvalda keltiramiz:

Oy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
y_t	12	13	14	15	16	17	22	21	23	24
y'_t	-	13	14	14,67	16	18,33	20	22	22,67	-

13.4-jadval

Berilgan va tekislangan vaqtli qatorning grafigi



2) Avtokorrelyasiyaning mavjudligi yoki yo'qligini aniqlash

Yuqori tartibli avtokorrelyasiya koeffitsiyentini quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$r_{\tau} = \frac{\sum_{t=\tau+1}^n (y_t - \bar{y}_{1\tau})(y_{t-\tau} - \bar{y}_{2\tau})}{\sqrt{\sum_{t=\tau+1}^n (y_t - \bar{y}_{1\tau})^2 \cdot \sum_{t=\tau+1}^n (y_{t-\tau} - \bar{y}_{2\tau})^2}};$$

$$\bar{y}_{1\tau} = \frac{\sum_{t=\tau+1}^n y_t}{n - \tau}, \quad \bar{y}_{2\tau} = \frac{\sum_{t=\tau+1}^n y_{t-\tau}}{n - \tau}$$

- 1) Birinchi tartibli avtokorrelyasiya koeffitsiyentini aniqlaymiz.
Buning uchun yordamchi jadval tuzamiz.

13.5 -javal

t	y_t	$y(t-1)$	$(y_t - y_1)$	$(y(t-1) - y_2)$	$(y_t - y_1) \cdot (y(t-1) - y_2)$	$(y_t - y_1)^2$	$(y(t-1) - y_2)^2$
1	12						
2	14	12	-4,33	-5	-52,00	18,78	25
3	13	14	-5,33	-3	-74,67	28,44	9
4	15	13	-3,33	-4	-43,33	11,11	16
5	16	15	-2,33	-2	-35,00	5,44	4
6	17	16	-1,33	-1	-21,33	1,78	1
7	22	17	3,67	0	62,33	13,44	0
8	21	22	2,67	5	58,67	7,11	25
9	23	21	4,67	4	98,00	21,78	16
10	24	23	5,67	6	130,33	32,11	36
Yig'indi	165,00	153,00	0	0	123,00	140,00	132,00
O'rtacha	18,33	17,00	0	0	13,67	15,56	14,67

1-tartibli avtokorrelyasiya quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$r_1 = \frac{\sum_{t=2}^{10} (y_t - \bar{y}_1)(y_{t-1} - \bar{y}_2)}{\sqrt{\sum_{t=2}^{10} (y_t - \bar{y}_1)^2 \cdot \sum_{t=2}^{10} (y_{t-1} - \bar{y}_2)^2}}, \quad (13.5)$$

bu yerda

$$\bar{y}_1 = \frac{\sum_{t=2}^8 y_t}{n-1} = \frac{14+13+15+16+17+22+21+23+24}{9} = \frac{165}{9} = 18,334;$$

$$\bar{y}_2 = \frac{\sum_{t=2}^8 y_{t-1}}{n-1} = \frac{12+14+13+15+16+17+22+21+23}{9} = \frac{165}{9} = 18,334;$$

1-tartibli avtokorrelyasiya

$$r_1 = \frac{123}{\sqrt{140 \cdot 132}} = 0,9048.$$

Ikkinchi tartibli avtokorrelyasiya koeffitsiyentini aniqlaymiz.

$$r_{12} = \frac{\sum_{t=3}^8 (y_t - \bar{y}_3)(y_{t-2} - \bar{y}_4)}{\sqrt{\sum_{t=3}^8 (y_t - \bar{y}_3)^2 \cdot \sum_{t=3}^8 (y_{t-2} - \bar{y}_4)^2}}, \quad (13.6)$$

13.6 -javal

t. oylar	Y _t	Y _{t-2}	Y _{t-1} - y _{3o'rt}	Y _{t-2} - Y _{4o'rt}	(Y _{t-2} - Y _{3o'rt}) ² (Y _{t-1})	(Y _t - Y _{3o'rt}) ²	(Y _{t-2} - Y _{4o'rt}) ²
1	12						
2	14						
3	13	14	-5,88	-3,63	21,30	34,52	13,14
4	15	13	-3,88	-4,63	17,92	15,02	21,39
5	16	15	-2,88	-2,63	7,55	8,27	6,89
6	17	16	-1,88	-1,63	3,05	3,52	2,64
7	22	17	3,13	-0,63	-1,95	9,77	0,39
8	21	22	2,13	4,38	9,30	4,52	19,14
9	23	21	4,13	3,38	13,92	17,02	11,39
10	24	23	5,13	5,38	27,55	26,27	28,89
yig'indi	151,00	141,00	0,00	0,00	98,63	118,88	103,88
o'rtacha	18,88	17,63	0,00	0,00	12,33	14,86	12,98

Hisoblashlarni bajaramiz:

$$\bar{y}_3 = \frac{\sum_{t=3}^{10} y_t}{10-2} = \frac{13+15+16+17+22+21+23+24}{8} = \frac{151}{8} = 18,88;$$

$$\bar{y}_4 = \frac{\sum_{t=3}^{10} y_{t-1}}{8-2} = \frac{14+13+15+16+17+22+21+23}{8} = \frac{111}{8} = 17,63;$$

2-tartibli avtokorrelyasiya

$$r_2 = \frac{98}{\sqrt{118,88} \cdot \sqrt{103,88}} = 0,8875.$$

Avtokorrelyasiya koeffitsiyentlarining I, II va hokazo tartibi ajratiladi. Avtokorrelyasiya koeffitsiyentining tartibi vaqt lagiga bog'liq. Eng katta lag n/4 dan katta bo'lmasligi lozim.

Avtokorrelyasiya koeffitsiyenti ikkita muhim xususiyatga ega hisoblanadi. Avtokorrelyasiya koeffitsiyenti qatorning joriy va oldingi darajalari chiziqli (yoki chiziqligiga yaqin) bog'liqlikning mavjudligi haqida mulohaza yuritish imkonini beradi, chunki korrelyasiyaning chiziqli koeffitsiyentiga o'xshashligi asosida tuziladi. Avtokorrelyasiya koeffitsiyentining belgisi qator darajalaridagi tendensiyaning ortishi yoki kamayishi haqida mulohaza yuritish imkonini bermaydi, chunki ko'pincha vaqt qatorlarining avtokorrelyasiyasi musbat.

Avtokorrelyasiya koeffitsiyentlari qator tarkibini tavsiflash va unda avtokorrelyasiya (qatorning joriy va oldingi darajalari o'rtasidagi bog'liqlik) eng yuqori bo'lgan lagni aniqlash uchun keng qo'llaniladi. Mazkur holatda korrelogramma tuziladi.

Korrelogramma – bu avtokorrelyasiya koeffitsiyenti qiymatlarining lag miqdorining qiymatlariga bog'liqligi grafigi. Qator tarkibi haqida mulohaza yuritish imkonini beradi.

Avtokorrelyasiya koeffitsiyenti qiymatlarining talqini (qator tarkibi) quyidagilardan iborat:

1) agar I tartib avtokorrelyasiya koeffitsiyenti eng yuqori bo'lib chiqsa, u holda qator faqat tendensiyaga ega bo'ladi.

2) agar II, III va hokazo tartib avtokorrelyasiya koeffitsiyenti eng yuqori bo'lib chiqsa, u holda qator tegishli (ikki, uch va hokazo) vaqt davriga ega siklik (davriy) o'zgarib turishlarga ega bo'ladi.

3) agar avtokorrelyasiyaning barcha koeffitsiyentlari yuqori bo'lmasa, u holda quyidagi ikkita vaziyatdan biri o'rin tutadi:

a) qator kuchli chiziqsiz tendensiyaga ega;

b) qator tendensiya va siklik (davriy) o'zgarib turishlarga ega emas.

3) Vaqtli qatorning chiziqli trendini hosil qilish va prognazlash

Bog'lanish turi: $\tilde{y} = a_0 + a_1 t$, (13.7) ko'rinishida izlanadi.

Parametrlarni aniqlash uchun

$$a_0 = \frac{\sum t^2 \sum y_t - \sum t \sum t y_t}{N \sum t^2 - (\sum t)^2}, \quad (13.8)$$

$$a_1 = \frac{N \sum t y_t - \sum t \sum y_t}{N \sum t^2 - (\sum t)^2}, \quad (13.9)$$

formulalardan foydalaniladi. Buning uchun ushbu jadvani tuzamiz.

13.7 -javal

n	t	y _t	t*y	y ²	t ²
1	1	12	12	144	1
2	2	14	28	196	4
3	3	13	39	169	9
4	4	15	60	225	16
5	5	16	80	256	25
6	6	17	102	289	36
7	7	22	154	484	49
8	8	21	168	441	64
9	9	23	207	529	81
10	10	24	240	576	100
Yig'indi	55	177	1090	3309	385
O'rtacha	5,5	17,7	109	330,9	38,5

Bundan $n=10$;

$$\bar{t} = (\sum t) / n = 55 / 10 = 5,5;$$

$$\bar{y}_t = (\sum y_t) / n = 177 / 10 = 17,7;$$

$$a_0 = \frac{385 \cdot 177 - 1090}{10 \cdot 385 - 55^2} = \frac{8195}{8255} = 9,933 \text{ - ozod had};$$

$$a_1 = \frac{10 \cdot 1090 - 55 \cdot 177}{10 \cdot 385 - 55^2} = \frac{1165}{8255} = 1,412 \text{ - } t \text{ ning oldidagi koeffitsiyent.}$$

Izlanayotgan trend tenglamasi $\tilde{y} = 1,412 \cdot t + 9,933$ dan iborat.

Prognozlashtirish: $t=11$; $\tilde{y}_{11} = 1,412 \cdot 11 + 9,933 = 24,865$;

$t=12$; $\tilde{y}_{12} = 1,412 \cdot 12 + 9,933 = 26,277$.

Xullas prognoz qilish mumkin.

Bajarish uchun toshiriqlar

13.2-masala. 10 oy ichida sotilgan mahsulot hajmi 13.7-jadvalda berilgan.

13.7-jadval

Oy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
y_t	15	17	24	35	26	27	32	21	43	24

13.7-jadval ma'lumotlariga ko'ra

1) uchta nuqtaning o'rtacha siljishini vaqtli qator bo'yicha tekislang;

2) avtokorrelyasiyaning mavjudligi yoki yo'qligini aniqlang.

3) vaqtli qatorning chiziqli trendini hosil qiling va 11,12-oy uchun prognoz qiling.

13.3-masala. 10 oy ichida sotilgan mahsulot hajmi 13.8-jadvalda berilgan.

13.8-jadval

Oy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
y_t	45	47	54	35	46	37	52	41	43	52

13.8-jadval ma'lumotlariga ko'ra

1) uchta nuqtaning o'rtacha siljishini vaqtli qator bo'yicha tekislang;

2) avtokorrelyasiyaning mavjudligi yoki yo'qligini aniqlang.

3) vaqtli qatorning chiziqli trendini hosil qiling va 11,12-oy uchun prognoz qiling.

13.4-masala. 10 oy ichida sotilgan mahsulot hajmi 13.9-jadvalda berilgan.

13.9-jadval

Oy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
y_t	48	47	64	45	46	57	52	61	63	52

13.5-masala. 10 oy ichida sotilgan mahsulot hajmi 13.5-jadvalda berilgan.

13.10-jadval

Oy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
y_t	55	57	64	65	66	57	62	71	63	62

14.10-jadval ma'lumotlariga ko'ra

1) uchta nuqtaning o'rtacha siljishini vaqtli qator bo'yicha tekislang;

2) avtokorrelyasiyaning mavjudligi yoki yo'qligini aniqlang;

3) vaqtli qatorning chiziqli trendini hosil qiling va 11,12-oy uchun prognoz qiling.

Muhokama uchun savollar

1. Stasionar qator ta'rifini aytib bering.
2. Tor ma'nodagi stasionar ta'rifini aytib bering.
3. "Oq shovqin" nima?
4. Eksponensial silliqlash usuli bilan prognozlashtirish qanday amalga oshiriladi?
5. Prophet nima?
6. Vaqtli qatorlarni prognozlashtirish qanday amalga oshiriladi?
7. ARMA va ARIMA modellari qanday vazifalarni amalga oshiriladi?
8. Avtokovariatsion funksiyani tushuntirib bering.

DINAMIK EKONOMETRIK MODELLAR



14.1. DINAMIK EKONOMETRIK MODELLARNING UMUMIY XARAKTERISTIKALARI

Ekonometrik tahlilda natijaviy o'zgaruvchiga bir vaqtda va ma'lum kechikish bilan ta'sir etuvchi bir qator iqtisodiy omillar ta'siri tadqiq qilinadi.

Omilar kechikishining sabablari bo'lib quyidagilar hisoblanadi:

- insonlar hatti-harakatlaridagi inertlikni ifodalovchi psixologik omillar;
- texnologik omillar;
- institutsional omillar;
- iqtisodiy ko'rsatkichlarni shakllantiruvchi mexanizmlar.

Ekonometrik model dinamik deyiladi, agar ushbu model har bir vaqt momentida keyingi o'zgaruvchilarning dinamikasini ifodalasa, ya'ni agar hozirgi t vaqtda modelga kiruvchi o'zgaruvchilarning joriy vaqtga hamda avvalgi vaqt momentiga tegishli bo'lishini hisobga olsa.

Quyidagi

$$y_t = f(x_t, x_{t-1}), \quad (14.1)$$

$$y_t = f(x_t, y_{t-1}), \quad (14.2)$$

modellar dinamik ekonometrik model bo'la oladi:

Ammo

$$y_t = f(x_1, x_2, \dots, x_n) = f(x_i), \quad (14.3)$$

ko'rinishidagi regressiya dinamik ekonometrik model bo'la olmaydi.

Dinamik modellardan vaqt davomida rivojlanuvchi ko'rsatkichlar o'rtasida bog'liqliklarni o'rganishda foydalaniladi. Ularda ta'sir etuvchi omillar sifatida o'zgaruvchining joriy qiymati, avvalgi vaqtlardagi qiymati hamda t vaqtidagi qiymatidan foydalaniladi.

Barcha dinamik ekonometrik modellar 2 turga bo'linadi:

1. O'tgan vaqt momentlariga (lag qiymatli – kechikish qiymatli) tegishli o'zgaruvchilar qiymatlari modelga ushbu o'zgaruvchining joriy qiymatlari bilan kiritilgan modellar. Bunday modellarga quyidagilar kiradi:

a) Avtoregressiya modeli. Bu dinamik ekonometrik model bo'lib, unda omilli o'zgaruvchilar sifatida natijaviy o'zgaruvchining lag qiymatlari qatnashadi.

Avtoregressiya modeliga quyidagi misol bo'ladi:

$$y_t = \alpha_0 + \beta_1 y_{t-1} + \beta_2 y_{t-2} + \beta_3 y_{t-3} + \dots + \beta_L y_{t-L} + \varepsilon_t, \quad (14.4)$$

b) Taqsimlangan lagli model. Bu dinamik ekonometrik model bo'lib, u omilli o'zgaruvchilarning joriy va lagli qiymatlarini o'z ichiga oladi.

Taqsimlangan lagli modelda avtoregression qismi qatnashmasa bu model taqsimlangan deyiladi. Uning ko'rinishi quyidagicha:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 x_t + \beta_2 x_{t-1} + \dots + \beta_L x_{t-L} + \varepsilon_t, \quad (14.5)$$

bu yerda L – qatorlar o'rtasidagi vaqtli lag (kechikish) qiymati.

2) Aniq $t+1$ vaqt momentida bitta omilli belgidan yoki natijaviy o'zgaruvchining faraz qilinayotgan yoki istalgan darajasini ifodalovchi o'zgaruvchilarni o'z ichiga olgan modellar. Ushbu daraja noma'lum bo'lib, t vaqtning o'tgan momentida mavjud bo'lgan axborot asosida aniqlanadi. O'zgaruvchilarning faraz qilinayotgan qiymatlari turli usullar bilan hisoblanadi. Mazkur o'zgaruvchilarni hisoblash usullariga qarab quyidagi modellar turlari farqlanadi:

a) Adaptiv kutish modeli. Ushbu modelda x_t ning qiymati o'rniga (uzoq muddatli) kutilgan x_t^* ning qiymati joriy o'zgaruvchisi sifatida regressiya tenglamasiga kiritiladi.

Umumiy ko'rinishda adaptiv kutish modeli quyidagicha ifodalanadi:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 x_{t-1}^* + \varepsilon_t, (14.6) \text{ bunda } x_t^* - x_{t-1}^* = \lambda(x_t - x_{t-1}^*).$$

Adaptiv kutish modellariga misol bo'lib, kelgusi ($t+1$) davrda faraz qilinayotgan ish haqi va pensiyalarga joriy narxlarining ta'siri bo'ladi

b) Qisman (to'liq bo'lmagan) korrektirovkali model. Ushbu modelda natijaviy o'zgaruvchi y_t^* ning faraz qilinayotgan (yoki istalgan) qiymati hisobga olinadi. Umumiy holda qisman (to'liq bo'lmagan) korrektirovkali modelni quyidagicha yozish mumkin:

$$D_t = D_{t-1} + \rho(D_t^* - D_{t-1}) = D_{t-1} + \rho(\tau \cdot E_t - D_{t-1}) = \rho \cdot \tau \cdot E_t + (1 - \rho) \cdot D_{t-1} = \rho \cdot D_t^* + (1 - \rho) \cdot D_{t-1}, (14.7)$$

(14.7) da $D_t - t$ (joriy) paytdagi aktsiya dividendi;

$D_{t-1} - (t-1)$ – (*o'tgan*) paytdagi aktsiya dividendi;

$0 \leq \rho \leq 1$ – tuzatishning xususiy koeffitsiyenti;

$D_t^* = \tau \cdot E_t - t$ (joriy) paytdagi aktsiyaning maqsadli dividendi;

τ – aktsiyada faoydani to'lashning maqsadli koeffitsiyenti yoki

aktsiyadagi erkin pul oqimi $0 \leq \tau \leq 1$;

$E_t - t$ (joriy) aktsiyaning foydasi.

Qisman (to'liq bo'lmagan) korrektirovkali modelga misol qilib, dividendlar hajmi y_t^* ni istalgan qiymatining joriy foyda hajmining haqiqiy qiymati x_t ga bog'liqligini keltirish mumkin. Mazkur qisman (to'liq bo'lmagan) korrektirovkali model **Litner modeli** deyiladi.

Litner o'z modelini aktsiyada qo'llab, $\rho = 30\%$ va $\tau = 50\%$ ga erishgan.

Dinamik ekonometrik modellarning xususiyati shundaki, ulardagi noma'lum parametrlarni eng kichik kvadratlar usuli bilan baholash turli sabablar bo'yicha mumkin emas.

Avtoregressiya modelidagi noma'lum parametrlarni baholash uchun instrumental o'zgaruvchilar usulidan foydalaniladi, mazkur usul berilgan sharoitlarda eng optimal baholarni olishga imkon beradi.

Taqsimlangan lagli modellar uchun lag strukturasiga bog'liq ravishda noma'lum parametrlarni baholashda Almon usuli va Koyk usuli qo'llaniladi. Mazkur usullarning mohiyati shundaki, berilgan taqsimlangan lagli modelni avtoregressiya modeliga o'zgartirishda instrumental o'zgaruvchilar usuli yordamida baholanadi.

Adaptiv kutishlar modeli va qisman (to'liq bo'lmagan) korrektirovkali modellardagi noma'lum parametrlarni topish maqsadida mazkur modellar avtoregressiya modellari ko'rinishiga keltiriladi.

14.2. AVTOREGRESSIYA MODELI VA UNING PARAMETRLARINI BAHOLASH

Avtoregression model – bu dinamik ekonometrik model bo'lib, unda omillar o'zgaruvchilar sifatida natijaviy o'zgaruvchining lagli qiymatlari ishtirok etadi. Avtoregressiya modeliga misol qilib quyidagi modelni

$$y_t = \alpha_0 + \beta_1 y_{t-1} + \beta_2 y_{t-2} + \beta_3 y_{t-3} + \dots + \beta_L y_{t-L} + \varepsilon_t, (14.8)$$

keltirish mumkin.

Avtoregression modelda α_0 koeffitsienti y o'zgaruvchining ozod koeffitsiyenti.

Modeldagi ko'rsatkichlarni lag orqali ifodalaymiz:

$$y_{t-1} = L \cdot y_t; y_{t-2} = L^2 \cdot y_t; y_{t-3} = L^3 \cdot y_t; \dots; y_{t-p} = L^p \cdot y_t, (14.9)$$

bu L -lag yoki oldingi va keying vaqt ko'rsatkichlar orasidagi farq.

(14.9) ma'lumotlarni (14.8) formulaga qo'ysak, quyidagi hosil bo'ldi:

$$y_t = \alpha_0 + \beta_1 L y_t + \beta_2 L^2 y_t + \beta_3 L^3 y_t + \dots + \beta_p L^p y_t + \varepsilon_t, (14.10)$$

(14.9) fomulani quyidagicha ixchamlaymiz:

$$y_t(1 - \beta_1 L - \beta_2 L^2 - \beta_3 L^3 - \dots - \beta_p L^p) = \alpha_0 + \varepsilon_t, (14.11)$$

Quyidagi operatorni kiritamiz

$$\phi(L) = (1 - \beta_1 L - \beta_2 L^2 - \beta_3 L^3 - \dots - \beta_p L^p), (14.12)$$

(14.12) ni (14.11) formulaga qo'yamiz:

$$\phi(L) \cdot y_t = \alpha_0 + \varepsilon_t, (14.13)$$

(14.13) dan y_t ni topamiz:

$$y_t = \phi(L) \cdot (\alpha_0 + \varepsilon_t), (14.14)$$

bu yerda $\phi(L) = \frac{1}{\phi(L)}$ - teskari operator.

14.3. TAQSIMLANGAN LAGLI MODELLARNING XARAKTERISTIKASI

Taqsimlangan lagli model – bu dinamik ekonometrik model boʻlib, oʻz ichiga omilli oʻzgaruvchilarning joriy va lagli (kechikkan) qiymatlarini oladi. Taqsimlangan lagli modelga misol boʻlib, quyidagi hisoblanadi:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 x_t + \beta_2 x_{t-1} + \dots + \beta_L x_{t-L} + \varepsilon_t, (14.15)$$

Taqsimlangan lagli modellar omilli oʻzgaruvchi x ning oʻzgarishi natijaviy oʻzgaruvchi y ga taʼsirini, yaʼni t vaqt momentida x ning oʻzgarishi y oʻzgaruvchining qiymatiga keyingi L vaqt momentlari davomida taʼsir koʻrsatishini aniqlashga imkon beradi.

Regressiyaning β_1 parametri qisqa muddatli multiplikator deb ataladi. U x omilning lagli qiymatlari taʼsirini hisobga olmasdan, t vaqtning konkret momentida x_t omilning oʻz oʻlchamida bir birlikka oʻzgarishi natijasida y_t oʻzgaruvchining oʻrtacha absolyut oʻzgarishini koʻrsatadi.

Regressiyaning β_2 parametri $t-1$ vaqt momentida x_t omilning oʻz oʻlchamida bir birlikka oʻzgarishi natijasida y_t oʻzgaruvchining oʻrtacha absolyut oʻzgarishini xarakterlaydi.

$(\beta_1 + \beta_2)$ parametrlar yigʻindisi oraliq multiplikator deyiladi. U $t+1$ vaqt momentida x_t oʻzgaruvchining y oʻzgaruvchiga umumiy taʼsirini ifodalaydi, yaʼni x oʻzgaruvchining t vaqt momentida bir birlikka oʻzgarishi y oʻzgaruvchining t vaqt momentida β_1 birlikka oʻzgarishiga va $t+1$ vaqt momentida y oʻzgaruvchining β_2 birlikka oʻzgarishiga olib kelishini ifodalaydi.

$\beta = \beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_L$ parametrlar yigʻindisi uzoq muddatli multiplikator deb ataladi. U t vaqt momentida x oʻzgaruvchining oʻz oʻlchamida bir birlikka oʻzgarishi taʼsirida $(t+L)$ vaqt momentida y oʻzgaruvchining umumiy oʻzgarishini xarakterlaydi.

Oʻrtacha lag deb, t vaqt momentida x oʻzgaruvchining oʻzgarishi taʼsirida y natijaviy oʻzgaruvchining oʻzgarishi amalga oshadigan oʻrtacha davrga aytiladi:

$$\bar{L} = \sum_{i=0}^L i \cdot \frac{\beta_i}{\beta}, (14.16)$$

Agar oʻrtacha lag qiymati unchalik katta boʻlmasa, u holda y natijaviy oʻzgaruvchi x oʻzgaruvchining oʻzgarishiga tez javob beradi. Agar oʻrtacha lag qiymati katta boʻlsa, u holda x omilli oʻzgaruvchi y natijaviy oʻzgaruvchiga sekin taʼsir qiladi.

Mediana lagi – bu shunday vaqt oraligʻi, bunda x omilning oʻzgarishi boshlanishi vaqtidan uning umumiy taʼsirining yarimi y natijaviy oʻzgaruvchiga taʼsir koʻrsatadi. Mediana lagi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$L_{mediana} = \frac{\ln 0,5}{\ln \lambda}, (14.17)$$

koeffitsiyentlar uchun quyidagi formula oʻrinli:

$$\sum_{j=0}^{M_x} \beta_j \approx 0,5 (14.18)$$

Taqsimlangan lagli modellardagi nomaʼlum koeffitsientlarini baholash quyidagi sabablarga koʻra eng kichik kvadratlar usulini qoʻllashga imkon bermaydi:

1) Normal chiziqli regression modelning birinchi sharti buziladi, chunki omilli oʻzgaruvchining joriy va lagli qiymatlari bir-biri bilan kuchli bogʻlangan;

2) L lagning katta qiymatida regressiya modeli tuziladigan kuzatuvlar soni kamayadi va taʼsir etuvchi omillar $(x_t, x_{t-1}, x_{t-2}, \dots)$ soni ortadi, bu esa oʻz navbatida modeldagi ozodlik darajalari sonining yoʻqolishiga olib keladi;

3) bunday modellarda qoldiqlar avtokorrelyatsiyasi muammosi paydo boʻladi.

Ushbu sabablar regressiya koeffitsientlari baholarining beqarorligiga olib keladi, yaʼni model spetsifikatsiyasini oʻzgarishi bilan uning parametrlari ancha oʻzgarib, aniqlik va samaradorlikni yoʻqotadi.

Amaliyotda taqsimlangan lagli modellar parametrlari maxsus usullar yordamida baholanadi, xususan Almon usuli va Koyk usuli yordamida.

Vaqtli lag strukturasi aniqlashdagi asosiy qiyinchilik – bu β_i parametrlar baholarini aniqlash hisoblanadi.

14.4. ALMON USULI

Almon usuli yoki Almon laglari L lagning pirovard qiymati va lagning polinomial strukturaga ega boʻlgan taqsimlangan lagli modellarni ifodalash uchun foydalaniladi.

$$y_t = \alpha_0 + \beta_0 x_t + \beta_1 x_{t-1} + \beta_2 x_{t-2} \dots + \beta_L x_{t-L} + \varepsilon_t, (14.19)$$

Lag strukturasi lag miqdoridan kelib chiqib omilli oʻzgaruvchilar parametrlari bogʻliqligi grafigi yordamida aniqlanadi.

Almon usulining mohiyati quyidagilardan iborat:

1) Ta'sir etuvchi omillar oldidagi β_i koeffitsientlar i lag qiymatidan bog'liqligi quyidagi polinomial funksiyalarda approksimatsiyalanadi:

a) birinchi darajali $\beta_i = c_0 + c_1 \cdot i$;

b) ikkinchi darajali $\beta_i = c_0 + c_1 \cdot i + c_2 \cdot i^2$;

c) uchinchi darajali $\beta_i = c_0 + c_1 \cdot i + c_2 \cdot i^2 + c_3 \cdot i^3$;

d) yoki umumiy holda p -darajali: $\beta_i = c_0 + c_1 \cdot i + c_2 \cdot i^2 + \dots + c_p \cdot i^p$.

Almon ko'p hollarda bevosita β_i koeffitsientlardan ko'ra $c_i, i = \overline{0, P}$ koeffitsientlarni baholash oson ekanligini isbotladi. β_i koeffitsientlarni baholashning ushbu usuli polinomial approksimatsiya deyiladi;

2) (16.22) modeldagi har bir koeffitsientni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\beta_1 = c_0;$$

$$\beta_2 = c_0 + c_1 + \dots + c_p;$$

$$\beta_3 = c_0 + 2c_1 + 4c_2 + \dots + 2^p c_p;$$

$$\beta_4 = c_0 + 3c_1 + 9c_2 + \dots + 3^p c_p;$$

$$\dots\dots\dots$$

$$\beta_L = c_0 + Lc_1 + L^2c_2 + \dots + L^p c_p;$$

β_i koeffitsientlar uchun olingan nisbatlarni (16.23) modelga qo'yamiz:

$$y_t = \alpha_0 + c_0 x_t + (c_0 + c_1 + \dots + c_p) \cdot x_{t-1} +$$

$$+ (c_0 + 2c_1 + 4c_2 + \dots + 2^p c_p) \cdot x_{t-2} +$$

$$+ \dots + (c_0 + Lc_1 + L^2c_2 + L^p c_p) \cdot x_{t-L} + \varepsilon_t;$$

3) olingan natijaga qo'shiluvchilarning qayta guruhlash usulini qo'llaymiz:

$$y_t = \alpha_0 + c_0 x_t + (x_t + x_{t-1} + x_{t-2} + \dots + x_{t-L}) +$$

$$+ c_1 \cdot (x_{t-1} + 2x_{t-2} + 3x_{t-3} + \dots + Lx_{t-L}) +$$

$$+ c_2 \cdot (x_{t-1} + 4x_{t-2} + 9x_{t-3} + \dots + L^2x_{t-L}) + \dots +$$

$$+ c_p \cdot (x_{t-1} + 2^p x_{t-2} + 3^p x_{t-3} + \dots + L^p x_{t-L}) + \varepsilon_t.$$

$c_i, i = \overline{0, P}$ koeffitsientlaridan keyin qavslarda turgan yig'indilarni yangi o'zgaruvchilar sifatida belgilaymiz:

$$z_0 = x_t + x_{t-1} + x_{t-2} + \dots + x_{t-L} = \sum_{i=0}^L x_{t-i};$$

$$z_1 = x_{t-1} + 2x_{t-2} + 3x_{t-3} + \dots + Lx_{t-L} = \sum_{i=0}^L i \cdot x_{t-i};$$

$$z_2 = x_{t-1} + 4x_{t-2} + 9x_{t-3} + \dots + L^2x_{t-L} = \sum_{i=0}^L i^2 \cdot x_{t-i};$$

$$\dots\dots\dots$$

$$z_p = x_{t-1} + 2^p x_{t-2} + 3^p x_{t-3} + \dots + L^p x_{t-L} = \sum_{i=0}^L i^p \cdot x_{t-i}.$$

Yangi o'zgaruvchilarni hisobga olganda model quyidagi ko'rinishga ega:

$$y_t = \alpha_0 + c_0 z_0 + c_1 z_1 + \dots + c_p z_p + \varepsilon_t; \quad (14.20)$$

4) (14.20) modeldagi koeffitsientlarni oddiy eng kichik kvadratlar usuli bilan aniqlaymiz. $c_i, i = \overline{0, P}$ koeffitsientlarining olingan baholari asosidabirinchi qadamda olingan nisbatlardan foydalanib, dastlabki (14.20) modeldagi $\beta_i, (i = \overline{1, L})$ parametrlar baholarini topamiz.

Almon usulining kamchiliklari:

1) Maksimal vaqt lagi L qiymati oldindan aniq bo'lishi kerak, lekin bu amaliyotda har doim ham uchramaydi.

L lagning qiymatini aniqlashning bitta usullaridan bo'lib, bog'lanish zichligi ko'rsatkichini, masalan natijaviy o'zgaruvchi y va $x: r(y, x_{t-1}), r(y, x_{t-2})$ va hokazo ta'sir etuvchi omilning lagli qiymati o'rtasida chiziqli juft korrelyatsiya koeffitsientlarini tuzish hisoblanadi. Agar bog'lanish zichligi ko'rsatkichi ahamiyatli bo'lsa, u holda ushbu o'zgaruvchini taqsimlangan lagli modelga kiritish kerak. Maksimal ahamiyatli bog'lanish zichligi ko'rsatkichining tartibi L lagning maksimal qiymati sifatida qabul qilinadi;

2) P polinomning tartibi noma'lum. Polinomial funksiyani tanlashda odatda amaliyotda 2-darajali polinomdan yuqori tartibdagilaridan foydalanilmaydi degan farazdan kelib chiqiladi. Polinomning tanlangan darajasi esa lag strukturasiidagi ekstremumlar sonidan bittaga kam bo'lishi kerak.

3) Agar ta'sir etuvchi omillar o'rtasida zich bog'lanish mavjud bo'lsa, u holda x dastlabki omillarning kombinatsiyasi sifatida aniqlanadigan yangi o'zgaruvchilar $z (i = \overline{0, L})$ ham o'zaro bog'langan bo'ladi. Regressiyaning o'zgartirilgan (14.20) modelida multikollinearlik muammosi to'liq bartaraf etilmagan. Shunga qaramasdan z_i yangi o'zgaruvchilar multikollinearligi (14.20) dastlabki modeldagi parametrlar $\beta_i, (i = \overline{1, L})$ baholaridan ancha past bo'ladi.

Almon usulining afzalliklari:

1) O'zgartirilgan (14.20) regression modeldagi o'zgaruvchilarning uncha ko'p miqdorda bo'lmagan holda va ozodlik darajalari sonini ko'proq yo'qotishga olib kelmasligini hisobga olib, Almon usuli (14.19) ko'rinishdagi istalgan uzunlikdagi taqsimlangan lagli modelni tuzish mumkin, ya'ni maksimal lag L yetarlicha katta bo'lishi mumkin.

2) Almon usuli universal bo'lib, undan turli strukturali laglarni xarakterlovchi jarayonlarni modellashirishda foydalanish mumkin.

Almon usuli yoki Almon laglari L lagning pirovard qiymati va lagning polinomial strukturaga ega bo'lgan taqsimlangan lagli modellarni ifodalash uchun foydalaniladi.

14.1-masala. Samarqand viloyatining ishlab chiqarish xo'jaliklari o'n ikki yil bo'yicha go'sht ishlab chiqarish va ungata'sir etuvchi omillar 1-jadvalda keltirilgan.

Samarqand viloyatining ishlab chiqarish xo'jaliklari bo'yicha go'sht ishlab chiqarishga ta'sir etuvchi omillar

14.1-jadval

n	o'tgan yili	12	19
1	2010	14	20
2	2011	15	21
3	2012	16	22
4	2013	17	25
5	2014	18	24
6	2015	16	27
7	2016	13	29
8	2017	19	30
9	2018	21	35
10	2019	20	40
11	2020	22	42
12	2021	24	43

Masalani yechishning usuli

Almon usuli yoki Almon laglari L lagning pirovard qiymati va lagning polinomial strukturaga ega bo'lgan taqsimlangan lagli modellarni ifodalash uchun foydalaniladi.

Regressiya tenglamasi quyidagicha izlanadi:

$$y_t = \alpha + \beta_0 x_t + \beta_1 x_{t-1} + \beta_2 x_{t-2} + \dots + \beta_L x_{t-L} + \varepsilon_t, \quad (14.21)$$

Lag strukturasi lag miqdoridan kelib chiqib omilli o'zgaruvchilar parametrlari bog'liqligi grafigi yordamida aniqlanadi.

Almon usulining mohiyati quyidagilardan iborat:

1) Ta'sir etuvchi omillar oldidagi β_i koeffitsiyentlar i lag qiymatidan bog'liqligi quyidagi polinomial funksiyalarda approksimasiyalanadi:

a) birinchi darajali $\beta_i = c_0 + c_1 \cdot i$;

b) ikkinchi darajali $\beta_i = c_0 + c_1 \cdot i + c_2 \cdot i^2$;

c) uchinchi darajali $\beta_i = c_0 + c_1 \cdot i + c_2 \cdot i^2 + c_3 \cdot i^3$;

d) yoki umumiy holda p -darajali: $\beta_i = c_0 + c_1 \cdot i + c_2 \cdot i^2 + \dots + c_p \cdot i^p$.

Ikkinchi darajali lagning qiymati $i=3$ bo'lganda

$$y_t = \alpha + c_0 x_t + (c_0 + c_1 + c_2) \cdot x_{t-1} + (c_0 + 2c_1 + 4c_2) \cdot x_{t-2} + (c_0 + 3c_1 + 9c_2) \cdot x_{t-3} = \\ = \alpha + (x_t + x_{t-1} + x_{t-2} + x_{t-3})c_0 + (x_{t-1} + 2x_{t-2} + 3x_{t-3})c_1 + (x_{t-1} + 4x_{t-2} + 9x_{t-3})c_2$$

regressiya tenglamasi hosil bo'ldi.

Demak, $y_t = \alpha + c_0 \cdot z_0 + c_1 \cdot z_1 + c_2 \cdot z_2$, (14.22) regressiya tenglamasiga ega bo'ldik.

Bunda

$$z_0 = x_t + x_{t-1} + x_{t-2} + x_{t-3}; \quad z_1 = x_{t-1} + 2x_{t-2} + 3x_{t-3}; \quad z_2 = x_{t-1} + 4x_{t-2} + 9x_{t-3},$$

ekanligidan

(2) regressiya tenglamasining parametrlari "Eng kichik kvadratlar usuli" dan α , c_0 , c_1 , c_2 lar topiladi va keyin:

$$\alpha = \alpha; \quad \beta_0 = c_0; \quad \beta_1 = c_0 + c_1 + c_2; \quad \beta_2 = c_0 + 2c_1 + 4c_2;$$

$\beta_3 = c_0 + 3c_1 + 9c_2$, (14.23) qiymatlar (1) regressiya tenglamasiga qo'yiladi va izlanayotgan model hosil qilinadi

Umuman olganda, Almon taqsimlangan laglari bilan modellarni qurish uchun quyidagilar:

- 1) maksimal lag aniqlanadi;
- 2) ko'phadning darajasi aniqlanadi;
- 3) o'zgaruvchilarning qiymatlari yordamida hisoblanadi;
- 4) chiziqli regressiya tenglamasining parametrlari "Eng kichik kvadratlar usuli" yordamida baholanadi;
- 5) dastlabki modelning parametrlari (14.23) formula yordamida hisoblanadi.

Masalaning yechilishi. Regressiya tenglamasi quyidagicha izlanadi:

$$z = \alpha + \alpha_0 z_0 + \alpha_1 z_1 + \alpha_2 z_2$$

Lag strukturasi lag miqdoridan kelib chiqib omilli o'zgaruvchilar parametrlari bog'liqligi grafigi yordamida aniqlanadi. Quyilgan masalani yechimini topish uchun Excel elektron jadvalidan foydalanamiz. Natijalar quyidagicha bo'ldi. O'zgaruvchilar quyidagi ko'phad korinishida topiladi:

$$z_0 = x_t + x_{t-1} + x_{t-2} + x_{t-3};$$

$$z_1 = x_{t-1} + 2x_{t-2} + 3x_{t-3};$$

$$z_2 = x_{t-1} + 4x_{t-2} + 9x_{t-3}.$$

Hisoblashlar 2-jadvalda keltirilgan

Almon usuli natijalari

14.2-jadval

N	yillar o'tgan yil	y	x	z0	z1	z2
1	2010	14	20	-	-	-
2	2011	15	21	-	-	-
3	2012	16	22	82	128	281
4	2013	17	25	88	140	312
5	2014	18	24	92	144	313
6	2015	16	27	98	154	340
7	2016	13	29	105	165	366
8	2017	19	30	110	175	384
9	2018	21	35	121	194	434
10	2019	20	40	134	220	495
11	2020	22	42	147	241	533
12	2021	24	43	160	253	553

3-yordamchi jadvalni tuzamiz:

Almon usuli natijalari

14.3-jadval

N	y	z0	z1	z2
1	16	82	128	281
2	17	88	140	312
3	18	92	144	313
4	16	98	154	340
5	13	105	165	366
6	19	110	175	384
7	21	121	194	434
8	20	134	220	495
9	22	147	241	533
10	24	160	253	553

Excel electron protsessor yordamida 3-jadval bo'yicha regressiya tenglamasining parametrlari quyidagicha topildi:

$$\alpha_0 = 9,213064; c_0 = -0,37341; c_1 = 0,778101; c_2 = -0,22265$$

Bu qiymatlarni (1) tenglamaga qo'yamiz:

$$z = 9,213064 - 0,37341z_0 + 0,778101z_1 - 0,22265z_2, (14.24)$$

(14.24) formulada $\alpha_0 = 9,2$; $c_0 = -0,37341$; $c_1 = 0,778101$;

$c_2 = -0,22265$ ekanligidan (14.23) formulaga ko'ra:

$$\alpha = 9,213064;$$

$$\beta_0 = c_0 = -0,37341;$$

$$\beta_1 = -0,37341 + 0,778101 - 0,22265 = 0,182047;$$

$$\beta_2 = -0,37341 + 2 \cdot 0,778101 - 4 \cdot 0,22265 = 0,292202;$$

$$\beta_3 = -0,37341 + 3 \cdot 0,778101 - 9 \cdot 0,22265 = -0,04294.$$

Yuqoridagi ma'lumotlar asosida (14.22) formuladan foydalanib ushbu natijaga ega bo'lamiz:

$$y_t = 9,213064 - 0,37341x_t + 0,182047x_{t-1} + 0,292202x_{t-2} - 0,04294x_{t-3}, (14.25)$$

Regressiya tenglamasi

$$y_t = 9,213064 - 0,37341x_t + 0,182047x_{t-1} + 0,292202x_{t-2} - 0,04294x_{t-3} \text{ ning}$$

muhimligi Fisher mezoniga ko'ra $F_{hu} = \frac{MS_{umt}}{MS_{qoldiq}} = \frac{23,1313}{4,501016}$, $F_{his} = 5,139129$

qiymat jadvaldan topilgan qiymat $F_{jad} = 4,07$ dan katta.

Demak, determinasiya koeffitsiyenti $R=0,848442$ shuni ko'rsatib turibdiki, ishlab chiqarishning 84 % variatsiyasi ozuqa miqdori bilan, 16 % ga variatsiyasi boshqa omillar bilan o'zaro aloqa bog'lagan.

14.5. KOYK USULI

Koyka taqsimoti (Koyek,1954) koeffitsiyentlar lag bo'yicha kamayuvchi geometrik progressiya bo'yicha taqsimlanishini ko'rib chiqamiz. Bir o'zgaruvchili model quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$y_t = \alpha + b \cdot x_t + b \cdot \lambda \cdot x_{t-1} + b \cdot \lambda^2 \cdot x_{t-2} + b \cdot \lambda^3 \cdot x_{t-3} + \dots + b \cdot \lambda^q \cdot x_{t-q} + \varepsilon_t, (14.26)$$

bunda $\lambda \in (-1;1)$. Bu bog'lanishda uchta parametr mavjud: α , b va λ . Ularni baholash uchun y ni x_t , x_{t-1} , x_{t-2} , x_{t-3} , ..., x_1 bo'yicha baholash shart emas. Birinchidan multikollenarlik mumosi kelib chiqadi. Ikkinchidan b va λ ning qiymatini topishning iloji yo'q. bning bitta qiymatini x_t orqali, boshqasini esa umuman boshqacha x_{t-1} ning koeffitsiyentini kvadratga ko'tarib, uni x_t ning koeffitsiyentga bo'lish kerak. bning ikkinchi qiymatini x_{t-2} ning koeffitsiyentini kvadratga ko'tarib, uni x_{t-1} ning koeffitsiyentga bo'lish kerak. λ ni turli xil va qarama-qarshi usullari mavjud.

Multikollenarlikni yo'qotish uchun λ ning mumkin bo'lgan qiymatlarini topishda 0 va 1 oraliqda barcha 0,00; 0,01; 0,02;... har bir navbatda 0,01 ga oshirib aniqlaymiz. Har bir λ qiymatni hisoblash uchun

$$z_t = x_t + \lambda x_{t-1} + \lambda^2 x_{t-2} + \lambda^3 x_{t-3} + \dots + \lambda^q x_{t-q}, (14.27)$$

formuladan foydalanib topiladi. λ ning bunday qiymatlarida x omil y omilga deyarli ta'sir ko'rsatmaydi. Keyin:

$$y_z = \alpha + bz_t + \varepsilon_t, (14.28)$$

regressiya tenglamasi baholanadi. λ ning barcha qiymatlarida shunday qiymat topiladiki, bu holatda R^2 ning eng katta qiymatni qabul qiladi. (14.28) va (14.27) tenglamalar ekvivalent tenglamadir. (14.27) tenglamani (t-1) uchun yozib olamiz:

$$y_{t-1} = \alpha + b \cdot x_{t-1} + b \cdot \lambda \cdot x_{t-2} + b \cdot \lambda^2 \cdot x_{t-3} + b \cdot \lambda^3 \cdot x_{t-4} + \dots + b \cdot \lambda^q \cdot x_{t-q-1} + \varepsilon_{t-1}, (14.28)$$

(14.28) tenglamani ikkala tomonini λ ga ko'paytiramiz:

$$\lambda y_{t-1} = \lambda \alpha + \lambda b \cdot x_{t-1} + b \cdot \lambda^2 \cdot x_{t-2} + b \cdot \lambda^3 \cdot x_{t-3} + b \cdot \lambda^4 \cdot x_{t-4} + \dots + b \cdot \lambda^q \cdot x_{t-q} + \varepsilon_{t-1}, (14.29)$$

(14.26) tenglamadan (14.29) tenglamani hadma-had ayiramiz:

$$y_t - \lambda y_{t-1} = \alpha - \lambda \alpha + bx_t + \varepsilon_t - \lambda \varepsilon_{t-1}, (14.29)$$

(14.29) tenglamani soddalashtiramiz:

$$y_t = \alpha(1 - \lambda) + b \cdot x_t + y_{t-1}, (14.30)$$

Bu yerda x ning lagli qiymati yo'qoldi. (14.30) tenglama uzoq vaqtli dinamik modelning xossalarini ifodalaydi. Qisqa muddatli dinamika modelda y_{t-1} tayinlangan (fiksirlangan) deb qaraladi. x ning

harakati y ga nisbatan quyidagi b koeffitsiyent orqali ifodalanadi. Uzoq muddatli davrda x ning qiymati biror $\bar{x}$ ga y_t, y_{t-1} ham $\bar{y}$ ga intiladi va $\bar{y}$ quyidagi formula orqali topiladi:

$$y_t = \alpha(1 - \lambda) + b \cdot x_t + \lambda y_{t-1},$$

(14.29) tenglamani soddalashtiramiz:

$$\bar{y} - \lambda \bar{y} = \alpha \cdot (1 - \lambda) + b \cdot \bar{x},$$

$$(1 - \lambda) \bar{y} = \alpha \cdot (1 - \lambda) + b \cdot \bar{x}$$

Ekanligidan $\bar{y} = \alpha + \frac{b}{1 - \lambda} \cdot \bar{x}$, (14.30)

Shunday qilib, x ning y ga bog'liqligi uzoq muddatli davrda $\frac{b}{1 - \lambda}$ koeffitsiyent orqali ifodalanadi. Agar λ 0 va 1 oralig'ida bo'lganda, b koeffitsiyent oshsa, uzoq muddatli davrdagi bog'lanish qisqa muddatli bog'lanishdan kuchli bo'ladi.

$y_t = \alpha(1 - \lambda) + b \cdot x_t + \lambda y_{t-1}$ (14.41) tenglamada $\beta_0 = \alpha(1 - \lambda)$; $\beta_1 = b$; $\beta_2 = \lambda$; $x_t = y_{t-1}$; belgilashlarni kiritamiz va $y_t = \beta_0 + \beta_1 \cdot x_t + \beta_2 \cdot y_{t-1} + \varepsilon_t - \lambda \varepsilon_{t-1}$ hosil qilamiz.

Bog'lanish turi y va x_1, x_2, x_3 omillar o'rtasidagi chiziqli bog'lanish ushbu ko'rinishda izlanadi: $\tilde{y} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2$. Eng kichik kvadratlar usulidan foydalanib, a_0, a_1, a_2, a_3 koeffitsiyentlar quyidagi tengamalar sistemasidan topiladi:

$$\begin{cases} n\beta_0 + \beta_1 \sum x_1 + \beta_2 \sum x_2 = \sum y \\ \beta_0 \sum x_1 + \beta_1 \sum x_1^2 + \beta_2 \sum x_1 \cdot x_2 = \sum x_1 y \\ \beta_0 \sum x_2 + \beta_1 \sum x_1 \cdot x_2 + \beta_2 \sum x_2^2 = \sum x_2 y \end{cases} \quad (14.31) \text{ tenglamalar}$$

sistemasini Kramer usulidan yechimlarini topamiz. Buning uchun asosiy va yordamchi determinantlarni topamiz:

$$D = \begin{vmatrix} n & \sum x_1 & \sum x_2 \\ \sum x_1 & \sum x_1^2 & \sum x_1 x_2 \\ \sum x_2 & \sum x_1 x_2 & \sum x_2^2 \end{vmatrix}$$

$$D\beta_0 = \begin{vmatrix} \sum y & \sum x_1 & \sum x_2 \\ \sum x_1 y & \sum x_1^2 & \sum x_1 x_2 \\ \sum x_2 y & \sum x_1 x_2 & \sum x_2^2 \end{vmatrix}$$

$$D\beta_1 = \begin{vmatrix} n & \sum y & \sum x_2 \\ \sum x_1 & \sum x_1 y & \sum x_1 x_2 \\ \sum x_2 & \sum x_2 y & \sum x_2^2 \end{vmatrix}$$

$$D\beta_2 = \begin{vmatrix} n & \sum x_1 & \sum y \\ \sum x_1 & \sum x_1^2 & \sum x_1 y \\ \sum x_2 & \sum x_1 x_2 & \sum x_2 y \end{vmatrix}$$

Bundan tenglamaning ildizlari quyidagicha topiladi:

$$\beta_0 = \frac{D_{a_0}}{D}, \quad \beta_1 = \frac{D_{a_1}}{D}, \quad \beta_2 = \frac{D_{a_2}}{D}.$$

14.2-masala. Quyida 1-jadval berilgan. y –mahsulot miqdori, x -xom-ashyo miqdori.

14.6-jadval

	y	x
1	0.965	0.2
2	0.9874	0.354
3	0.564	0.231
4	0.123	0.25479
5	0.023	0.654
6	0.012	0.4987
7	0.021	0.6842
8	0.009	0.2457
9	0.008	0.321
10	0.007	0.2354
11	0.006	0.536
12	0.005	0.0025
13	0.004	0.07515
14	0.002	0.0002
15	0	-0.0747
16	-0.002	-0.1497
17	-0.004	-0.2246
18	-0.006	-0.2996
19	-0.008	-0.3745

Quyidagilarni bajaring:

- 1) bog'lanish turini tahlash va $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ koeffitsiyentlarni aniqlash;
- 2) λ, b va α ning qiymatlarini topish;
- 3) medianali lag va o'rtacha lagni topish.

Masalaning yechilishi

1) Bog'lanish turini tahlash va $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ koeffitsiyentlarni aniqlash

Bog'lanish turi y va x_1, x_2, x_3 omillar o'rtasidagi chiziqli bog'lanish ushbu ko'rinishda izlanadi: $\tilde{y} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2$.

$\beta_0, \beta_1, \beta_2$ koeffitsiyentlar quyidagi tengamalar sistemasidan topiladi:

14.7-jadval

	yt	Y(t-1)	x(t)	yt-y(t-1)	yt-x(t)	y(t-1) ²	x(t) ²	y ²	y(t-1)·x(t)
1	0.965	-	-	-	-	-	-	-	-
2	0.9874	0.3540	0.9650	0.3495	0.9528	0.1253	0.9312	0.9750	0.3416
3	0.5640	0.2310	0.9874	0.1303	0.5569	0.0534	0.9750	0.3181	0.2281
4	0.1230	0.2548	0.5640	0.0313	0.0694	0.0649	0.3181	0.0151	0.1437
5	0.0230	0.6540	0.1230	0.0150	0.0028	0.4277	0.0151	0.0005	0.0804
6	0.0120	0.4987	0.0230	0.0060	0.0003	0.2487	0.0005	0.0001	0.0115
7	0.0210	0.6842	0.0120	0.0144	0.0003	0.4681	0.0001	0.0004	0.0082
8	0.0090	0.2457	0.0210	0.0022	0.0002	0.0604	0.0004	0.0001	0.0052
9	0.0080	0.3210	0.0090	0.0026	0.0001	0.1030	0.0001	0.0001	0.0029
10	0.0070	0.2354	0.0080	0.0016	0.0001	0.0554	0.0001	0.0000	0.0019
11	0.0060	0.5360	0.0070	0.0032	0.0000	0.2873	0.0000	0.0000	0.0038
12	0.0050	0.0025	0.0060	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
13	0.0040	0.0752	0.0050	0.0003	0.0000	0.0056	0.0000	0.0000	0.0004
14	0.0020	0.0002	0.0040	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
15	0.0000	-0.0747	0.0020	0.0000	0.0000	0.0056	0.0000	0.0000	-0.0001
16	-0.0020	-0.1497	0.0000	0.0003	0.0000	0.0224	0.0000	0.0000	0.0000
17	-0.0040	-0.2246	-0.0020	0.0009	0.0000	0.0504	0.0000	0.0000	0.0004
18	-0.0060	-0.2996	-0.0040	0.0018	0.0000	0.0898	0.0000	0.0000	0.0012
19	-0.0080	-0.3745	-0.0060	0.0030	0.0000	0.1403	0.0000	0.0001	0.0022
Yig'indi	1.7514	2.9695	2.7244	0.5625	1.5830	2.2084	2.2409	1.3097	0.8313

351

(10) tenlamalar tizimini hosil qilish uchun quyidagi jadvalni to'ldiramiz.

$$\begin{cases} 18\beta_0 + 2,97\beta_1 + 2,72\beta_2 = 1,75 \\ 2,97\beta_0 + 2,21\beta_1 + 0,83\beta_2 = 1,56 \\ 2,72\beta_0 + 0,83\beta_1 + 2,24\beta_2 = 1,58 \end{cases}$$

Kramer formulaidan dtervinantlarmi topaiz:

$$D = \begin{vmatrix} 18 & 2,97 & 2,72 \\ 2,97 & 2,21 & 0,83 \\ 2,72 & 0,83 & 2,24 \end{vmatrix} = 53,93 ;$$

$$D\beta_0 = \begin{vmatrix} 1,75 & 2,97 & 2,72 \\ 1,56 & 2,21 & 0,83 \\ 1,58 & 0,83 & 2,24 \end{vmatrix} = -0,628 ;$$

$$D\beta_1 = \begin{vmatrix} 18 & 1,75 & 2,72 \\ 2,97 & 1,56 & 0,83 \\ 2,72 & 1,58 & 2,24 \end{vmatrix} = -0,055 ;$$

$$D\beta_2 = \begin{vmatrix} 18 & 2,97 & 1,75 \\ 2,97 & 2,21 & 1,56 \\ 2,72 & 0,83 & 1,58 \end{vmatrix} = 38,88 .$$

$\beta_0, \beta_1, \beta_2$ ko'effitsiyentlar quyidagigha topiladi:

$$\beta_0 = \frac{D_{\beta_0}}{D} = -\frac{0,628}{53,93} = -0,01165; \quad \beta_1 = \frac{D_{\beta_1}}{D} = -\frac{0,055}{53,93} = -0,001021; \quad \beta_2 = \frac{D_{\beta_2}}{D} = \frac{41,91}{53,93} = 0,7209$$

β ning qiymatini topamiz:

$$\beta = \beta_0 + \beta_1 + \beta_2 = -0,01165 - 0,001 + 0,7209 = 0,703$$

2) λ , b va α ning qiymatlarini topish

Ma'lumki, $\beta_0 = \alpha \cdot (1 - \lambda)$, $\beta_1 = b$, $\beta_2 = \lambda$ formulaga ko'ra $\beta_0 = \alpha \cdot (1 - \lambda) = -0,1165$; $\beta_1 = b = 0,001021$; $\beta_2 = \lambda = 0,7209$

ekanligidan $\alpha = \frac{\beta_0}{1 - \lambda} = \frac{-0,1165}{0,7209} = -0,041$ va $\lambda = 0,72$ kelib chiqdi.

Koyk modeli quyidagicha bo'ldi:

$$y_t = -0,1165 + 0,001021 \cdot x_t + 0,7209 \cdot y_{t-1}$$

3) Medianali lag va o'rtacha lagni topish

Mediana lagi – bu shunday vaqt oralig'i, bunda x omilning o'zgarishi boshlanishi vaqtidan uning umumiy ta'sirining yarimi y natijaviy o'zgaruvchiga ta'sir ko'rsatadi. Mediana lagi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$L_{mediana} = \frac{\ln 0,5}{\ln 0,72} = \frac{-0,69315}{-0,3272} = 2,12$$

O'rtacha lag quyigagi formula dilan aniqlanadi:

$$\bar{L} = \sum_{i=0}^L i \cdot \frac{\beta_i}{\beta}$$

$$\bar{L} = 0 \cdot (-0,0116) + 1 \cdot \frac{-0,001}{0,708} + 2 \cdot \frac{0,7209}{0,708} = 0 - 0,00142 + 2,035786 = 2,0344;$$

Agar o'rtacha lag qiymati unchalik katta bo'lmasa, u holda y natijaviy o'zgaruvchi x o'zgaruvchining o'zgarishiga tez javob beradi. Agar o'rtacha lag qiymati katta bo'lsa, u holda x omilli o'zgaruvchi y natijaviy o'zgaruvchiga sekin ta'sir qiladi.

Bajarish uchun topshiriqlar

14.1-masala. Korxonaning ishlab chiqarish xo'jaliklari o'n ikki yil bo'yicha go'sht ishlab chiqarish va ungata'sir etuvchi omillar 1-jadvalda keltirilgan.

Korxonaning ishlab chiqarish xo'jaliklari bo'yicha go'sht ishlab chiqarishga ta'sir etuvchi omillar

14.8-jadval

t	Yillar	y	x
	O'tgan yili	146785	18560
1	2010	156545	21000
2	2011	171380	24000
3	2012	156658	26500
4	2013	184037	25000
5	2014	191610	29000
6	2015	219835	27000
7	2016	189106	32000
8	2017	235725	34000
9	2018	248883	35000
10	2019	195799	25000
11	2020	212345	33000
12	2021	255678	27700

Almon taqsimlangan laglari bilan modellarni qurish uchun quyidagilarni bajaring:

- 1) maksimal lagni aniqlash;
- 2) ko'phadning darajasi aniqlash;
- 3) o'zgaruvchilarning qiymatlari yordamida hisoblash;
- 4) chiziqli regressiya tenglamasining parametrlari "Eng kichik kvadratlar usuli" yordamida baholash;
- 5) dastlabki modelning parametrlari (14.24) formula yordamida hisoblanash.

14.2-masala. Quyida 14.9-jadval berilgan. y –mahsulot miqdori, x-xom-ashyo miqdori.

14.9-jadval

	y	x
1	0.008	0.321
2	0.007	0.2354
3	0.006	0.536
4	0.005	0.0025
5	0.004	0.07515
6	0.002	0.0002
7	0	-0.0747
8	-0.002	-0.1497
9	-0.004	-0.2246
10	-0.006	-0.2996

Koyk taqsimlangan laglari bilan modellarni qurish uchun quyidagilarni bajaring:

- 1) bog'lanish turini tahlash va $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ koeffitsiyentlarni aniqlash;
- 2) λ , b va α ning qiymatlarini topish;
- 3) medianali lag va o'rtacha lagni topish.

14.3-masala. Quyida 14.10-jadval berilgan. y –mahsulot miqdori, x-xom-ashyo miqdori.

14.10-jadval

	y	x
1	0.11	0.2
2	0.22	0.354
3	0.356	0.231
4	0.3215	0.25479
5	0.245	0.654
6	0.65	0.4987
7	0.321	0.6842
8	0.845	0.2457
9	0.6987	0.321
10	0.235	0.2354
11	0.357	0.536
12	0.987	0.0025

Koyk taqsimlangan laglari bilan modellarni qurish uchun quyidagilarni bajaring:

- 1) bog'lanish turini tahlash va $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ koeffitsiyentlarni aniqlash;
- 2) λ , b va α ning qiymatlarini topish;
- 3) medianali lag va o'rtacha lagni topish.

EKONOMETRIK TADQIQOTLARDA AXBOROT TEXNOLOGIYALARI



15.1. EViews – EKONOMETRIK MODELLASHTIRISH DASTURI

15.1.1. EViews – ekonometrik modellashtirish dasturi imkoniyatlari

EViews fazoviy ma'lumotlar (cross-section), vaqtli qatorlar (time series), panel ma'lumotlarni (panel data) tahlil qilish va modellashtirish, regression modellarni tuzishga mo'ljallangan ekonometrik dasturiy vosita hisoblanadi. EViews ekonometrik modellashtirish va tahlil qilish sohasida hozirgi kundagi eng ommaviy va yuqori aniqlikka ega bo'lgan dasturiy vositadir.

EViews – ekonometrik modellashtirish dasturiy vositasi ma'lumotlarni qayta ishlashning murakkab va tushunarli instrumentlarini ta'minlaydi.

Mazkur dasturiy paket yordamida tahlil qilinayotgan ma'lumotlar o'rtasida statistik bog'liqliklar mavjudligini aniqlash mumkin va keyin olingan bog'liqliklardan foydalanib, o'rganilayotgan ko'rsatkichlarni prognoz qilish mumkin.

EViews vaqtli qatorlar ko'rinishidagi ma'lumotlarni tahlil qilishda foydalanuvchiga keng imkoniyatlar yaratuvchi zamonaviy dasturiy paket hisoblanadi. EViews dasturi ma'lumotlarni kiritish va olingan natijalarni iqtisodiy talqin qilishda qulay va do'stona interfeysga ega hamda foydalanishda etarlicha soddadir. Dasturning tarkibi monolitdir (ya'ni dastur bir butun bo'lib, hech qanday qo'shimcha modullarni o'z tarkibiga olmagan). Ayrim statistik dasturlar, masalan, STATISTICA yoki SPSS dasturlari bir necha modullardan iborat bo'lgani uchun ulardan foydalanish oddiy foydalanuvchiga biroz murakkabdir.

15.1.2. EViews dasturini ishga tushirish

EViews dasturini ishga tushirishning bir necha usullari mavjud:

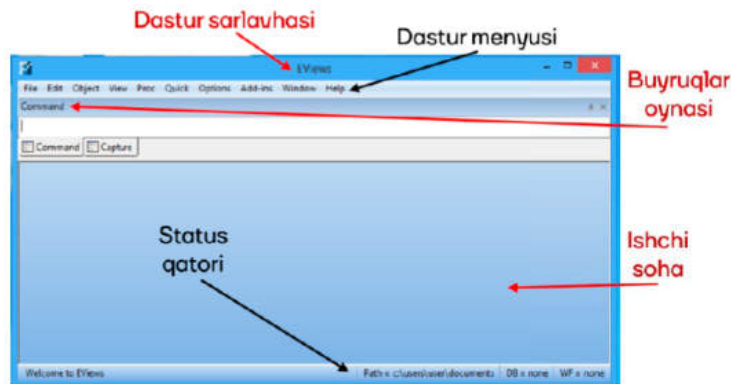
1) Pusk menyusidan EViews dasturini topib, sichqonchaning chap knopkasini bir marta bosish lozim:



2) Windowsning ish stolida yorlig'iga sichqonchaning chap knopkasini ikki marta bosish lozim.

3) Windowsning buyruqlar qatorida EViews so'zini yozib, Enter knopkasini bir marta bosish lozim.

Natijada EViews dasturi ishga tushadi va ekranda quyidagi ko'rinishda oyna paydo bo'ladi (15.1-rasm):



15.1.1-rasm. EViews dasturi oynasi

1. Dasturning nomi aks ettirilgan sarlavha.
2. Dasturning asosiy menyusi.
3. Buyruqlar oynasi.
4. Dasturning ishchi sohasi.
5. Status qatori.

EViews dasturida ma'lumotlarni kiritish va yuklash

Har qanday ekonometrik modellashirish paketida ishlash jarayoni ma'lumotlarni yangidan kiritish yoki mavjud ma'lumotlarni yuklashdan boshlanadi. Ekonometrik modellashirishda foydalaniladigan ma'lumotlar quyidagi 3 turga bo'linadi:

- 1) fazoviy ma'lumotlar (cross-sectional data);
- 2) vaqtli qatorlar (time-series data);
- 3) panel ma'lumotlari (panel data).

Fazoviy ma'lumotlar – bu bir davrda yoki vaqt momentidagi turli xil ob'ektlarni xarakterlovchi iqtisodiy yoki ijtimoiy axborotlar to'plamidir.

Fazoviy ma'lumotlar ayrim bosh to'plamdan olingan talanma to'plam hisoblanadi. Fazoviy ma'lumotlarga misol sifatida turli mamlakatlarda aniq bir yilda YaIM (yalpi ichki mahsulot), inflyatsiya, ishsizlik darajalari to'g'risida ma'lumotlar, ayrim hududda joylashgan korxonalarining aniq vaqtdagi ma'lumotlarini (korxonalarining ishlab chiqargan mahsuloti hajmi, ishlovchilari soni, asosiy fondlari qiymati) keltirish mumkin.

Vaqtli qatorlar – bu turli vaqt (yillar, kvartallar, oylar) davomida bitta ob'ektni xarakterlovchi iqtisodiy va ijtimoiy axborotlar to'plamidir.

Alohida olingan vaqtli qatorni vaqt bo'yicha cheksiz qatordan olingan qiymatlarning tanlamasi sifatida qarash mumkin. Vaqtli qatorlarga misol sifatida iste'mol baholari indeksi, valyutalarning kundalik almashuv kursi, korxonalarning sotish hajmi, ma'lum mamlakatning YaIM dinamikasini keltirish mumkin.

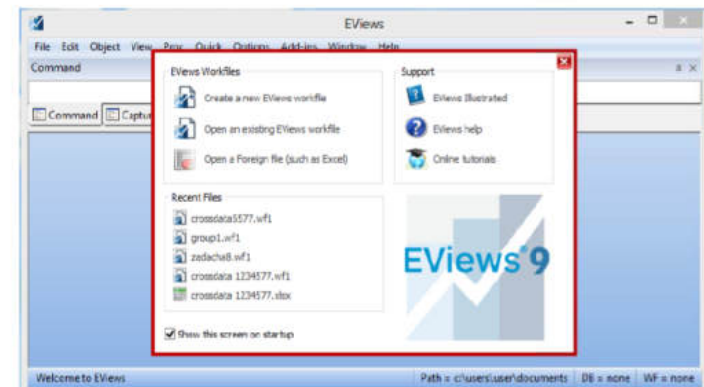
Panel ma'lumotlari – bu fazoviy ma'lumotlar va vaqtli qatorlar kombinatsiyasidan tashkil topgan ma'lumotlardir. Panel ma'lumotlar bitta va bir necha ob'ektlar bo'yicha ma'lumotlarning ketma-ket vaqt davomidagi to'plamidir.

Panel ma'lumotlariga misol bo'lib, ma'lum bir tarmoq korxonalarining xo'jalik faoliyati bo'yicha har yilda to'planadigan ko'rsatkichlari hisoblanadi. Bu holda biz bir xil korxonalarining bir vaqtdagi holati bo'yicha hamda bir xil iqtisodiy ko'rsatkichning turli vaqt davomida o'zgarishlari to'g'risidagi ma'lumotlar massiviga ega bo'lamiz. Agar korxonalar to'plami yildan yilga farq qilsa, u holda bu ma'lumotlar panel ma'lumotlari bo'la olmaydi.

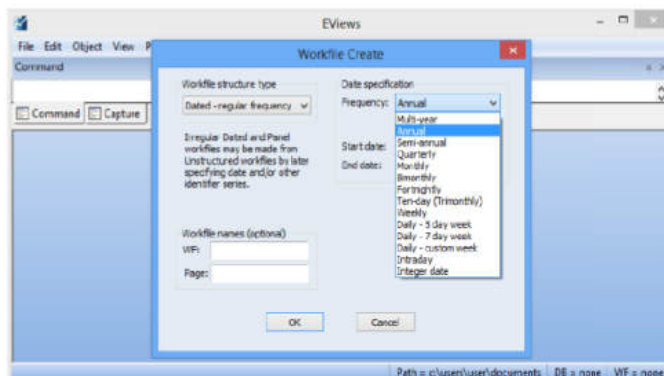
EViews dasturida ma'lumotlarni klaviatura orqali kiritish va mavjud ma'lumotlarni yuklash imkoniyatlari mavjud. Ushbu ikki usulni ko'rib chiqamiz.

Ma'lumotlarni klaviatura orqali kiritish

EViews dasturi yuklangandan so'ng ekranda quyidagi oyna paydo bo'ladi (15.1.2-rasm):



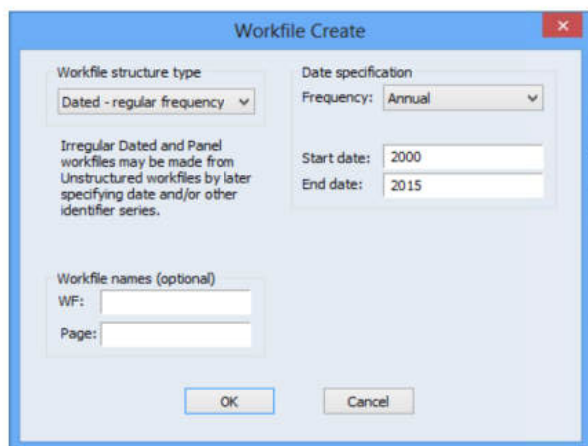
15.1.2-rasm. EViews dasturini dastlabki ishga tushirish



15.1.3-rasm. Ishchi faylni yaratish va ma'lumotlar oralig'ini o'rnatish

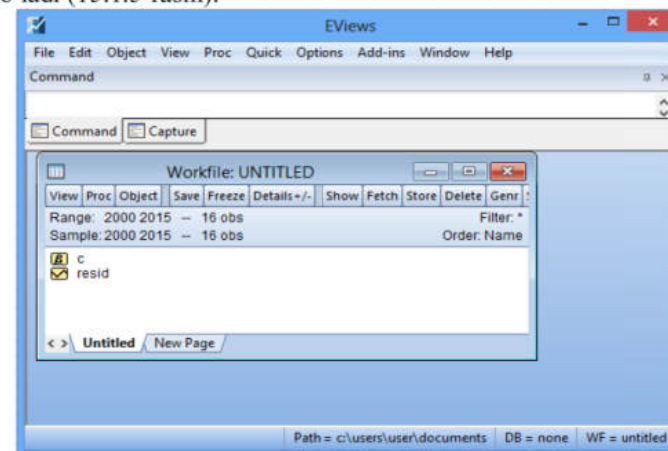
EViews dasturi 8 turdagi ma'lumotlar bilan ishlashga imkon beradi (yillik, yarim yillik, choraklik, oylik, haftalik (5 kunlik), haftalik (7 kunlik), kunlik, sanasi keltirilmagan kuzatuvlar va h.k.). Dasturda interpolatsiya va ekstrapolyatsiyaning turli protseduralaridan foydalanib, ma'lumotlarning bir turdan boshqasiga o'tishi ham mumkinligi ta'minlangan.

Agar ma'lumotlar Annual (yillik) formatda bo'lsa, u holda ma'lumotlarning boshlang'ich yili (masalan, 2000) va oxirgi yilini (masalan, 2015) kiritish zarur. Bunday holda dastur ma'lumotlar uchun oraliq intervalini (Range) ajratadi (15.1.3-rasm).



15.1.4-rasm. Ma'lumotlarga vaqt intervalini belgilash

OK knopkasi bosilgandan so'ng ekranda quyidagi oyna paydo bo'ladi (15.1.5-rasm):



15.1.5-rasm. Ishchi fayl oynasi

Xulosa qilib aytganda, EViews dasturida ma'lumotlarni ma'lumotlarni kiritish, qayta ishlash va natijalarni olish ishlari amalga oshiriladi.

15.2 ELEKTRON JADVALLARDAN FOYDALANISH TEXNOLOGIYALARI

15.2.1. Microsoft Excel dasturi haqida umumiy ma'lumotlar

MS Excel 2013 dasturi asosan hisob-kitobga oid masalalarni yechishga mo'ljallangan bo'lsada, uning tarkibiga kiruvchi vositalar boshqa sohaga tegishli masalalarni yechishga ham, masalan, formulalar bo'yicha hisoblash ishlarini olib borish, grafik va diagrammalar qurishga ham katta yordam beradi. Shuning uchun Excel dasturini o'rganish muhim ahamiyat kasb etadi va har bir foydalanuvchidan Excel bilan ishlay olish ko'nikmasiga ega bo'lish talab etiladi. Inson o'z ish faoliyati davomida ko'pincha biror kerakli ma'lumot olish uchun bir xil, zerikarli, ba'zida esa, murakkab bo'lgan ishlarini bajarishga majbur bo'ladi. Microsoft Excel dasturi mana shu ishlarni osonlashtirish va qiziqarli qilish maqsadida ishlab chiqilgandir.

Excel elektron jadvalining asosiy elementlari

Microsoft Excel 2013 dasturidagi barcha ma'lumotlar jadval ko'rinishida namoyon bo'lib, bunda jadval yacheykalarining

(xonalarining) ma'lum qismiga boshlang'ich va birlamchi ma'lumotlar kiritiladi. Boshqa qismlari esa har xil arifmetik amallar va boshlang'ich ma'lumotlar ustida bajariladigan turli amallar natijalaridan iborat bo'lgan axborotlardir.

Elektron jadval yacheykalariga uch xil ma'lumotlarni kiritish mumkin:

- matnli;
- sonli ifodalar;
- formulalar.

Matnli ma'lumotlar sarlavha, belgi, izohlarni o'z ichiga oladi.

Sonli ifodalar bevosita jadval ichiga kiritiladigan sonlardir.

Formulalar — kiritilgan sonli qiymatlar bo'yicha yangi qiymatlarni hisoblaydigan ifodalardir.

Formulalar har doim «=» belgisini qo'yish bilan boshlanadi. Formula yacheykaga kiritilgandan keyin shu formula asosida hisoblanadigan natijalar yana shu yacheykada hosil bo'ladi. Agar shu formulada foydalanilgan sonlardan yoki belgilardan biri o'zgartirilsa, Excel avtomatik ravishda yangi ma'lumotlar bo'yicha hisob ishlarini bajaradi va yangi natijalar hosil qilib beradi.

MS Excel 2013 dasturining asosiy ishlov berish ob'yekti *hujjatlar (Dokumentlar)* hisoblanadi. MS Excel 2013 dasturi hujjatlari (Dokumentlari) ixtiyoriy nomlanadigan va XLS kengaytmasiga ega bo'lgan fayllardir. MS Excel 2013 dasturida bunday fayllar «*Ishchi kitob*» deb ataladi. Har bir ishchi kitob ixtiyoriy sondagi elektron jadvallarni o'z ichiga olishi mumkin. Ularning har biri «*ishchi varaq*» deb ataladi. Har bir ishchi varaq o'z nomiga ega bo'ladi. Ishchi kitobni hosil qilish uchun Microsoft Excel dasturini ishga tushirish zarur. Excel 2013 dasturida ishchi kitobning tarkibiy elementlaridan biri *ishchi varaq*, ya'ni elektron jadval hisoblanadi.

Elektron jadvalning asosiy elementlari esa **yacheyka** va **diapazonlardir**.

Yacheyka — bu jadvaldagi manzili ko'rsatiladigan hamda bir qator va bir ustun kesishmasi oralig'ida joylashgan elementdir. Yacheyka kesishmalarida hosil bo'lgan ustun va qator nomi bilan ifodalanadigan manzili bilan aniqlanadi. Masalan, A — ustun, 4 — qator kesishmasida joylashgan yacheyka — A4 deb nom oladi. Yacheykaga sonli qiymatlar, matnli axborotlar va formulalarni joylashtirish mumkin.

Bir necha yacheykalardan tashkil topgan guruh **diapazon** deb ataladi. Diapazon manzilini ko'rsatish uchun uni tashkil etgan

yacheykalarning chap yuqori va o'ng quyi yacheykalar manzillari olinib, ular ikki nuqta bilan ajratilib yoziladi. Masalan -A1:A4

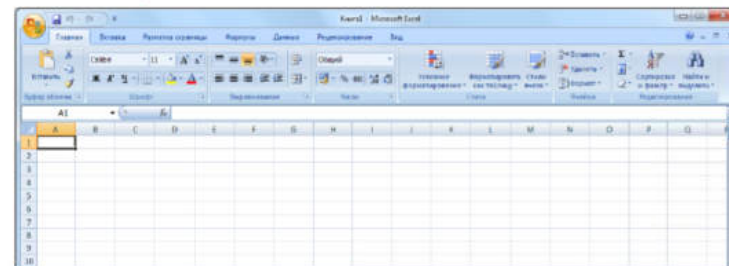
15.2.2. Microsoft Excel 2013 dasturi dasturini ishga tushirish

Microsoft Excel 2013 dasturi dasturini bir necha usul bilan ishga tushirish mumkin:

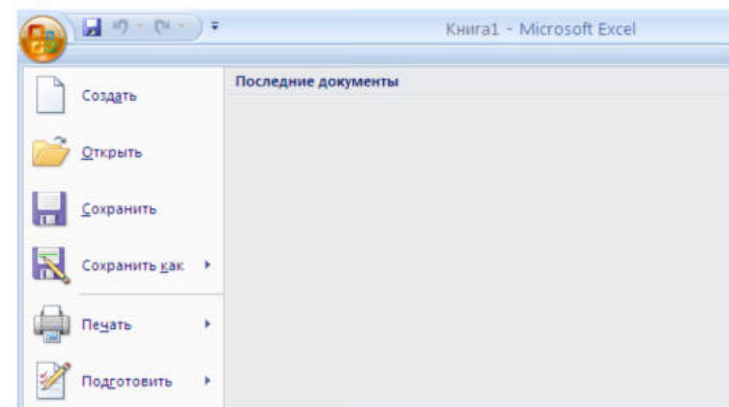
1. Ish stoli menyusidan quyidagilarni bajarish orqali:

«Пуск» → «Все программы» → «Microsoft Office» → «Microsoft Excel 2013».

2. Microsoft Excel 2013 dasturi da yozilgan ixtiyoriy hujjatni ochish yordamida, bunda MS Excel 2013 dasturi dasturi avtomatik ravishda ishga tushiriladi.



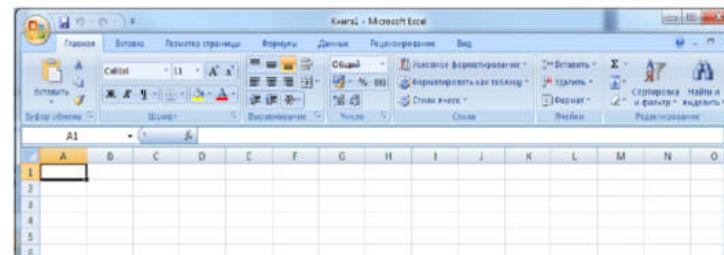
Office 2013 versiyasiga kiritilgan yangilik- «Office» tugmachasidir



Office tugmachasidagi funksialar bilan tanishmiz

	Создать	Yangi kitob yaratadi
	Открыть	Saqlangan ishchi kitobni ochish. Bu tugma bosilganda "Открытие документа" muloqot oynasi paydo bo'ladi.
	Сохранить	Ishchi kitobni saqlab qolish
	Сохранить как...	Ishchi kitobni boshqa nom kiritib saqlab qo'yish
	Печать	Ishchi kitobni chop qilish
	Подготовить	Ishchi kitobni jo'natishga tayorlash
	Отправить	Jo'natish
	Опубликовать	Publikatsiya qilish
	Закрыть	Chiqish
	Параметры Excel	Excel parametrlari
	Выход из Excel	Excel dasturidan chiqish

Microsoft Excel ishga tushirilgandan so'ng ekranda ikkita darcha hosil bo'ladi - *ilovalar darchasi* va *hujjatlar darchasi*.



ILOVALAR DARCHASINING ASOSIY ELEMENTLARI

1. *Sarlavhalar qatori*. Bunda dasturning nomi, joriy (ayni vaqtda ish yuritilayotgan) ishchi kitobining nomi beriladi.



Shu qatorning o'ng yuqori burchagida darchaning tashqi ko'rinishini o'zgartiruvchi uchta boshqaruv tugmasi joylashgan.



1) Ish olib borilayotgan ekranni (dasturni) vaqtincha yopish. Bunda yopilgan dastur «**Пуск**» menyusi qatorida paydo bo'ladi.



2) Ish olib borilayotgan muloqat darchasini ekranda to'liq yoki dastlabki holatga keltirish tugmasi



3) Ish olib borilayotgan muloqat darchasini yopish tugmasi



2. *Menyu qatori (gorizontal menyu)*. Unda quyidagi bo'limlar mavjud -«**Главная**» (Asosiy), «**Вставка**» (Qo'yish), «**Разметка страницы**» (Sahifa belgilari), «**Формулы**» (Formularlar), «**Данные**» (Ma'lumotlar), «**Рецензирование**» (Tekshiruv va izoh), «**Вид**» (Ko'rinish). Ulardan biri bilan ishlash uchun qatordagi ixtiyoriy bo'lim ustiga sichqoncha ko'rsatkichini olib kelib bosiladi, natijada tanlangan bo'lim menyusi elementlari ro'yxati ochiladi. menyular bilan ishlash Microsoft Excel ning asosiy buyruqlarini berish usullaridan biri hisoblanadi.

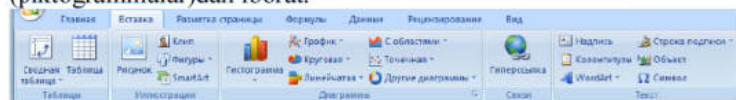


3. Меню - усқуналар панели.

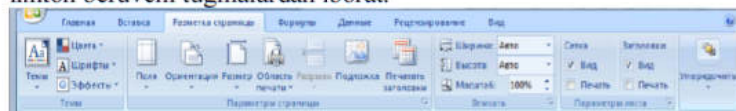
а) «Главная» меню-усқуналар панели buyruqlarni ko'rsatuvchi, gorizontall menyuning asosiy standart buyruqlarini takrorlovchi tugmalardan (piktogrammalar)dan iborat.



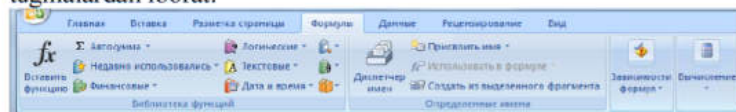
б) «Вставка» меню-усқуналар панели buyruqlarni hujjatga elementler qo'yish buyruqlarini takrorlovchi tugmalardan (piktogrammalar)dan iborat.



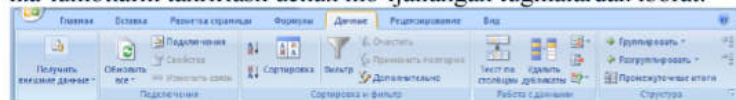
в) «Разметка страницы» меню-усқуналар панели buyruqlarni ko'rsatuvchi va kiritilayotgan hujjatlarni bichimlashga imkon beruvchi tugmalardan iborat.



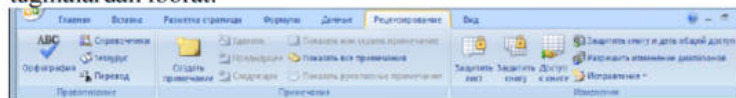
г) «Формулы» меню-усқуналар панели buyruqlarni formulalar, funktsiyalar, ular bilan ishlash uchun mo'ljallangan tugmalardan iborat.



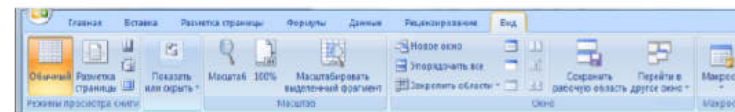
д) «Данные» меню-усқуналар панели buyruqlarni kiritilgan ma'lumotlarni tahrirlash uchun mo'ljallangan tugmalardan iborat.



е) «Рецензирование» меню-усқуналар панели buyruqlarni kiritilgan ma'lumotlarni tekshirish va izohlash buyruqlari tugmalardan iborat.



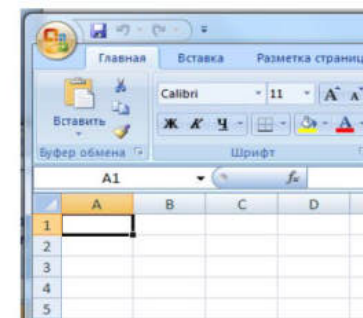
г) «Вид» меню-усқуналар панели buyruqlarni hujjat ko'rinishlarini o'zgartirish buyruqlari tugmalardan iborat.



4. *Formulalar qatori.* Microsoft Excel 2013 dasturiga ma'lumotlar kiritilayotganda barcha axborotlar, matnlar, sonlar va formulalar mana shu qatorda aks ettiriladi.



5. *Nom maydoni.* Bu maydonda joriy ishchi kitobning faol yacheykalarining manzili va nomi ko'rsatiladi. Nom maydoni diapazon (yacheykalar guruhi)ga yoki tanlangan yacheykaga tezda nom berish uchun ham ishlatiladi. Agar sichqoncha ko'rsatkichini nom maydonidan o'ng tomonda joylashgan strelka ustiga olib borib sichqonchaning chap tugmasini bossak, unda faol ishchi kitobidagi nomlangan yacheykalar va diapazonlarning (agar ular mavjud bo'lsa) hamma nomlarini birma-bir ko'rib chiqish mumkin.



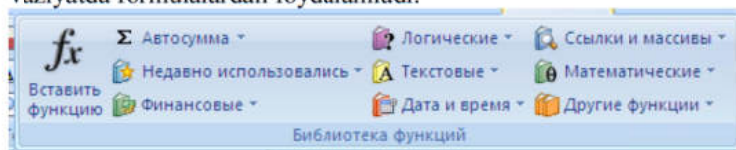
6. *Holat (ma'lumotlar) qatori.* Unda yacheykaga tegishli turli ma'lumotlar ko'rsatiladi.

20	45				
21	14				
22	12				
23	58				
24					
Итого					

15.2.3. MS Excel 2013 dasturi da formula va funksiyalar bilan ishlash

Formula berilishi

Excelda tayyorlanadigan ma'lumotli jadvallar matn yoki sonlar bilan to'ldirilishini aytib o'tdik. Ba'zan yacheykalardagi qiymatlar ustida ayrim hisoblashlarni bajarish zaruriyati tugiladi, bunday vaziyatda formulalardan foydalaniladi.



Excel yacheykasidagi formulaning dastlabki simvoli hamma vaqt «=» (tenglik) hisoblanadi. So'ngra, arifmetik operatsiya belgilari bilan o'zaro boglangan arifmetik ifodalar teriladi. Masalan, N8 yacheykasida

$$=A5 + 4 * B6$$

formula yozilgan bo'lsa, N8 ning qiymati A5 va to'rtta B6 ning yigindisidan iboratligidan dalolat beradi.

Excelda ishlatiladigan arifmetik amal belgilari quyidagilar:

- + (qo'shish);
- (ayirish);
- * (ko'paytirish);
- / (bo'lish);
- ^ (darajaga ko'tarish).

Formulalar kiritish

Formulalar - bu mavjud qiymatlar asosida yangi qiymatlarni hisoblovchi tenglamadir. Formulalar yordamida elektron jadvallar ko'pgina foydali ishlarni amalga oshirish mumkin. Elektron jadvallar formulalarsiz oddiy matn muharririga aylanib koladi. Formulalarsiz elektron jadvallarni tasavvur qilish qiyin.

Jadvalga formulani ko'yish uchun uni kerakli yacheykaga kiritish kerak. Formulalarni ham boshqa ma'lumotlar singari uzgartirish, saralash, ulardan nusxa ko'chirish va o'chirish mumkin. Formuladagi arifmetik amallar sonli qiymatlarni hisoblashda, maxsus funksiyalar matnlarni kayta ishlashda hamda yacheykadagi boshqa formulalar yacheykada qiymatlarni hisoblashda ishlatiladi.

Formula quyidagi elementlardan ixtiyoriysini o'z ichiga olishi mumkin:

- *Operatorlar.* Bittadan oshiq operatoridan tuzilgan formulani tuzishda Excel bu operatorlarni tahlil qiladi. Bunda standart

matematik qoidalarga asoslanadi. (Arifmetik amallarni bajarish tartibi saqlanib qoladi)

Excelda formulalarni hisoblash va bajarish quyidagi tartib asosida amalga oshiriladi.

Birinchi bo'lib, kavs ichidagi ifodalar karab chiqiladi Undan keyin amallar bajarish tartibi saqlangan holda operatorlar bajariladi.

Agar formulalarda bir xil tartibli bir necha operatorlar bo'lsa, ular ketma- ket chapdan o'ngga qarab bajariladi.

Quyidagi jadvalda formulalarda ko'llaniladigan operatorlar bajarilishi tartibi bilan kursatilgan.

Belgilar	Operatorlar	Bajarilish tartibi
^	Darajaga kutarish	1
*	Kupaytirish	2
/	Bo'lish	2
+	Kushish	3
-	Ayirish	3
&	Konkatenatsiya	4
=	Tenglik	5
>	Dan katta	5
<	Dan kichiq	5

- *Diapozon va yacheykalarga yuborish* - kerakli ma'lumotlarni saklovchi diapozon va yacheykalar nomi yoki manzili ko'rsatiladi: Masalan D10 yoki AEE8

- *Sonlar*

- *Ishchi jadval funksiyalari.* Masalan. SUM

Agar formula yacheykaga kiritilsa, unda yacheykada kiritilgan formula asosidagi hisob kitob natijasi kurinadi. Lekin formulaning o'zi tegishli yacheyka faollashtirilsa formulalar qatorida paydo bo'ladi. Formulalar har doim «=» belgisi bilan boshlanadi. Ushbu belgi yordamida Excel matn va formulalarni farqlaydi.

Yacheykaga formulalarni kiritishning ikkita usuli mavjud.

1.*Formulani klaviatura orkali kiritish.* «=» belgisini ko'yib, keyin formulalar kiritiladi. Kiritish paytida belgilar formulalar qatorida, hamda faollashgan yacheykada paydo bo'ladi. Formulalarni kiritishda odatdagi tahrirlash tutmalaridan foydalanish mumkin.

2.*Yacheykalar manzilini ko'rsatish yo'li bilan formulalar kiritish.* Bu usulda ham formulalar klaviaturadan kiritish orkali, lekin kamroq foydalangan xolda amalga oshiriladi, Ushbu usulda yacheykalar manzilini kiritish o'rniga, ular ko'rsatiladi xolos. Masalan. A3 yacheykaga =A1+A2 formulasini kiritish uchun quyidagini bajarish kerak

- jadval kursori A3 yacheykaga o'tkaziladi.
- «=» belgisi kiritiladi. Formulalar qatori yonida «kiritish» (Vvod) yozuvi paydo bo'ladi;
- Sichqoncha ko'rsatkichi A1 yacheykaga olib boriladi va chap tutmachasi bosiladi. Natijada yacheyka ajratib ko'rsatiladi, ya'ni uning atrofida harakatlanuvchi ramka (POM) paydo bo'ladi. AZ yacheykasi formulalar qatorida — A1 yacheyka manzili kurinadi. Holat qatorida esa, «Укажите» (Kursating) yozuvi paydo bo'ladi;
- «+» belgisi kiritiladi. Natijada harakatlanuvchi rom yo'qolib yana «Ввод» (Kiritish) so'zi chiqadi;
- Sichqoncha ko'rsatkichini A2 yacheykaga o'tkaziladi va tugmachasi bosiladi. Formulaga A2 yacheyka ko'shiladi;

БДДИСП					
	A	B	C	D	E
1	15				
2	68				
3	=A1+A2				

Enter tugmasini bosish bilan formulani kiritish yakunlanadi.

Yacheyka manzilini ko'rsatish usuli klaviatura yordamida kiritish usulidan oson va tez bajariladi. Formulalarni boshqa ishchi jadvallar yacheykalariga ham yuborish mumkin, boshqacha aytganda, formulalar bir necha joyda takrorlanishi mumkin. hattoki, boshqa ishchi kitobdagi ishchi jadvallarda ham. Buning uchun Excelda maxsus yozuv ishlatiladi.

Formulalardan foydalanish

Katakni belgilash u yoki bu axborotniga qaerga joylashganligini ko'rsatishdan kura kengrok tushuncha bo'lib, Excel ayni paytda ma'lum bir kataqda saqlanayotgan ma'lumotlarnish qiymatlari bo'yicha matematik amallar bajarishga ham imkoniyat beradi. Buni tushuntirish uchun quyidagi amallarni bajarib kuramiz.

1. B15 katagiga kursorni qo'yib sichqonchaning chap tutmasini bosing.
2. =B3-B13 deb tering va Enter ni bosing.
3. Klaviaturada «yuqoriga» strek kali klavishani bosing.

B15 katagida siz 2-amalda tergan matn urniga nol (0) son qiymati. Excelning formula qatorida esa, =B3-B13 ifoda paydo bulganini kurasiz. «=» belgisi shu katakka matematik formula joylashtirilganligini bildiradi (har bir formula albatta shu belgi bilan boshlanishi shart) Keltirilgan misoldagi B15 katagidan formula qiymati B3 va B13 katagi qiymatlarining ayirmasidan hosil

bo'lishligini bildiradi. Hozircha bu ikki katak bushligi sababli hisob-kitob natijasi kurib turganimizdek nol (0)ga teng.

Bundan tashqari quyidagicha jadvalni kiritish va unda formulalarni ishlatish mumkin

1			
2	Товар	зак. цена	
3	Порошок	16,5	
4	Отбеливатель	10,8	
5	Мыло	4,3	

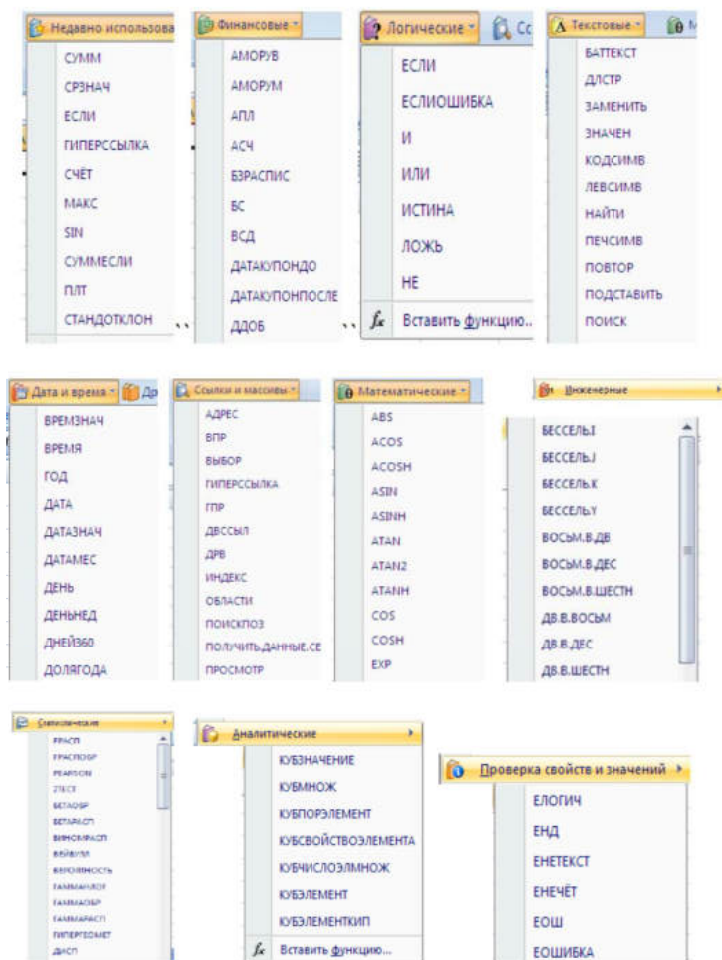
1			
2	Товар	зак. цена	цена
3	Порошок	16,5	=B3*1,15
4	Отбеливатель	10,8	
5	Мыло	4,3	

1				
2	Товар	зак. цена	цена	кол-во
3	Порошок	16,5	18,975	23
4	Отбеливатель	10,8	12,42	12
5	Мыло	4,3	4,945	14

Formulada funksiyalardan foydalanish

Excel 400 dan ortiq kurilgan funksiyalarga ega bo'lib, bu funksiyalar qushish, ayirish kabi oddiy arifmetik amallardan ko'ra murakkabroq operatsiyalarni bajarishga mo'ljallangandir. Excel funksiyalarini 10 asosiy guruhga bo'lib ko'rish mumkin.

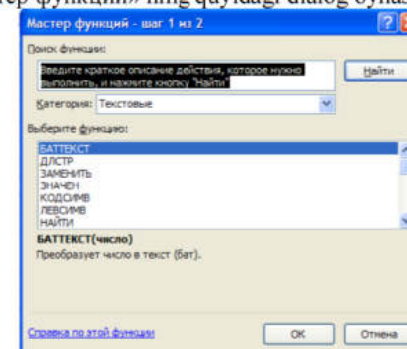
1	Финансовые	Moliyaviy hisob ishlarini bajarishga mo'ljallangan funksiyalar
2	Логические	Mantiqiy kinmatlar beraligan funksiyalar
3	Текстовые	Matnli qiymatlar ustida amallar bajaradigan funksiyalar
4	Дата и время	Tadrijiy vaqt ma'lumotlarni berish funksiyalari
5	Ссылки и массивы	Murojaat, katak yoki bir necha kataklar bilan manipulyatsiya qilishga yordam beradigan funksiyalar
6	Математические	Bir yoki bir necha qiymatlar ustida matematik amallar bajaruvchi funksiyalar
7	Статистические	Bir yoki bir necha qiymatlar ustida statistik hisob yuritishga xizmat qiladigan funksiyalar
8	Инженерные	Excel da muhandislik funksiyalari
9	Аналитические	Excelning turli xolatlari bo'yicha analitik ma'lumot beradigan funksiyalar
10	Проверка свойств и значений	Excelning turli xolatlari bo'yicha xususiyatlari va belgilarini tekshirish funksiyalari



Jadvalimiz oxiriga yangi ustun qo'shib, uni o'rta deb nomlaymiz va o'rta qiymatni aniqlash uchun Excel funksiyalaridan foydalanish. Buning uchun quyidagi amallar bajariladi:

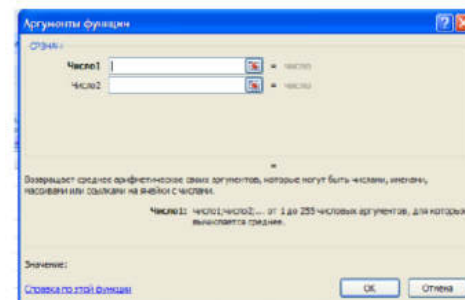
1. 12 katagini aktiv xolat keltirish uchun kursorni shu katakka ko'ying.
2. CP3HACH deb tering.
3. Kursorni I15 katakka qo'yish
4. Excel menyusidan "Формулы" tanlanib "Вставить функцию" buyrug'ini tanlang.
5. Funksiya punktini tanlang

Ekranida «Мастер функций» ning quyidagi dialog oynasi paydo bo'ladi.



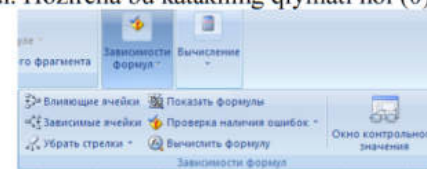
6. Kategoriya funksiyaning ro'yxatidan CmatuCTическое bo'limini tanlang.
7. Imya funksii ruyxatidan CP3HACH ni tanlash.
8. Dalee tugmasini bosing.

Мастер функций ning yangi dialog oynasi paydo bo'ladi.



9. B15 katagiga kursorni qo'yish hamda sichqonchani chiq tugmasini bosing va qo'yib yubormang.
10. Kursorni G15 katagigacha siljitib boring boring.
11. Sichqonchani tugmasini qo'yib yuboring
12. Enterni yoki Gomovo tugmasini bosish.

SHunday qilib, I15 katagi uchun o'rta qiymatni hisoblash funksiyasi (bu funksiyani Формула qatori ko'rish mumkin) joylashtiriladi. Hozircha bu katakning qiymati nol (0) ga teng.



Matematik funksiyalar

PRODUCT (<argumentlar ro'yxati> (PROIZVED) — argument qiymatlarining ko'paytmasini hisoblaydi;

SQRT (son) (ildiz) — sonning kvadrat ildizini hisoblaydi;

FACT (son) (FAKTOR) — argument sifatida berilgan butun songacha bo'lgan natural sonlar ko'paytmasini hisoblaydi;

RAND (tasodifiy son) — 0 va 1 oralig'idagi tasodifiy sonni hisoblaydi;

ABS (son) — argument qiymatining modulini hisoblaydi;

LN (son) — sonning natural logarifmini aniqlaydi;

EXP (son) — sonning eksponentasini hisoblaydi;

SIN (son) — sonning sinusini hisoblaydi;

COS (son) — sonning kosinusini hisoblaydi;

TAN (son) — sonning tangensini hisoblaydi (radianda);

Statistik funksiyalar

CP3H4Ч (<argumentlar ro'yxati>) — barcha argumentlar qiymatining o'rta arifmetigini hisoblaydi;

МАКС (<argumentlar ro'yxati>) — argumentlar ro'yxatidan eng kattasi (maksimal son)ni topadi;

МИН (<argumentlar ro'yxati>) — argumentlar ro'yxatidan eng kichigi (minimal son)ni topadi;

СУММ (<argumentlar ro'yxati>) — barcha argumentlar qiymatining yigindisini hisoblaydi.

ДИСП (<argumentlar ro'yxati>) — barcha argumentlar uchun dispersiyasini hisoblaydi.

ДОВЕРИТЬ (a;b;n)

a - ishonchlilik darajasi uchun tanlab olingan qiymat. Masalan, $a = 0$ ga teng bo'lsa, ishonchlilik 100% ni tashkil qiladi, agar $a = 0,05$ bo'lsa, ishonchlilik darajasi 95% ni tashkil qiladi.

b — tanlab olingan tajriba natija to'plami uchun o'rtacha farqlanish bo'lib, oldindan ma'lum deb faraz qilinadi.

p — tanlanmadagi elementlar soni.

КВАДРОТК (<argumentlar ro'yxati>) — barcha argumentlar uchun kvadrat farqlanishni aniqlaydi.

Mantiqiy funksiyalar

Ayrim amaliy masalalarni yechishda hisoblashlar u yoki bu shartlarga bog'liq bo'lishi mumkin. Bunday xolatda ЕСЛИ shartli funksiyasidan foydalanish mumkin. Bu funksiyaning formati quyidagicha:

ЕСЛИ (<mantiqiy ifoda>;1—ifoda;2—ifoda)

Unish ishlash printsiplari quyidagicha: <mantiqiy ifoda>ning qiymati «chin» (1) bo'lsa, <1-ifoda>, «yolg'on» (0) bo'lsa, <2-ifoda> bajariladi.

Muhokama uchun savollar

1. Microsoft Excel jadval protsessori qanday imkoniyatlarga ega?
2. Microsoft Excel jadval protsessorini ishga tushirish usullarini aytib bering.
3. Microsoft Excel interfeysi oynasining tuzilishini aytib bering.
4. Oynaning o'ng yuqori burchagida joylashgan piktogrammalar qanday vazifalarni bajaradi?
5. Menyular qatorida qanday menyu turlari bor? Ularning vazifalarini qisqacha tushuntirib bering.
6. Standart va bichimlash uskunalar panelidagi piktogrammalarining vazifalarini aytib bering.
7. Matnning shriftlari va uning o'lchami kanday o'zgartiriladi?
8. «Автофигуры» (Avtoshakllar) bo'limi qanday imkoniyatlarga ega?

ILOVALAR

1-Ilova.

Darbin-Uatson taqsimot jadvali

dL va dU kritik nuqtalarni 0,05 darajali aniqlikda toping, bunda k -regressiya tenglamasidagi o'zgaruvchilar soni, n -kuzatishlar soni

	k=1	k=2	k=3	k=4	k=5						
n	d1	d2	d1	d2	d1	d2	d1	d2	d1	d2	
6	0,61	1,40	–	–	–	–	–	–	–	–	
7	0,70	1,36	0,47	1,90	–	–	–	–	–	–	
8	0,76	1,33	0,56	1,78	0,37	2,29	–	–	–	–	
9	0,82	1,32	0,62	1,70	0,46	2,13	0,30	2,59	–	–	
10	0,88	1,32	0,70	1,64	0,53	2,02	0,38	2,81	0,24	2,82	
11	0,93	1,32	0,76	1,60	0,60	1,93	0,44	2,28	0,32	2,65	
12	0,97	1,33	0,81	1,58	0,66	1,86	0,51	2,18	0,38	2,51	
13	1,01	1,34	0,86	1,56	0,72	1,82	0,57	2,09	0,45	2,39	
14	1,05	1,35	0,91	1,55	0,77	1,78	0,63	2,03	0,51	2,30	
15	1,08	1,36	0,95	1,54	0,81	1,75	0,69	1,98	0,56	2,22	
16	1,11	1,37	0,98	1,54	0,86	1,73	0,73	1,94	0,62	2,16	
17	1,13	1,38	1,02	1,54	0,90	1,71	0,78	1,90	0,66	2,10	
18	1,16	1,39	1,05	1,54	0,93	1,70	0,82	1,87	0,71	2,06	
19	1,18	1,40	1,07	1,54	0,97	1,69	0,86	1,85	0,75	2,02	
20	1,20	1,41	1,10	1,54	1,00	1,68	0,89	1,83	0,79	1,99	
21	1,22	1,42	1,13	1,54	1,03	1,67	0,93	1,81	0,82	1,96	
22	1,24	1,43	1,15	1,54	1,05	1,66	0,96	1,80	0,86	1,94	
23	1,26	1,44	1,17	1,54	1,08	1,66	0,99	1,79	0,90	1,92	
24	1,27	1,45	1,19	1,55	1,10	1,66	1,01	1,78	0,93	1,90	
25	1,29	1,45	1,21	1,55	1,12	1,65	1,04	1,77	0,95	1,89	
30	1,35	1,49	1,28	1,57	1,21	1,65	1,14	1,74	1,07	1,83	
40	1,44	1,54	1,39	1,60	1,34	1,66	1,29	1,72	1,23	1,79	
50	1,50	1,59	1,45	1,63	1,42	1,67	1,38	1,72	1,34	1,77	
60	1,55	1,62	1,51	1,65	1,48	1,69	1,44	1,73	1,41	1,77	
70	1,58	1,64	1,55	1,67	1,53	1,70	1,49	1,74	1,46	1,77	
80	1,61	1,66	1,59	1,69	1,56	1,72	1,53	1,74	1,51	1,77	
90	1,64	1,68	1,61	1,70	1,59	1,73	1,57	1,75	1,54	1,78	
100	1,65	1,69	1,63	1,72	1,61	1,74	1,59	1,76	1,57	1,78	
150	1,72	1,75	1,71	1,76	1,69	1,77	1,68	1,79	1,67	1,80	
200	1,76	1,78	1,75	1,79	1,74	1,80	1,73	1,81	1,72	1,82	

davomi											
	k=6	k=7	k=8	k=9	k=10						
n	d1	d2	d1	d2	d1	d2	d1	d2	d1	d2	
6	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
7	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
11	0,20	3,01	–	–	–	–	–	–	–	–	
12	0,27	2,83	0,17	3,15	–	–	–	–	–	–	
13	0,33	2,69	0,23	2,99	0,15	3,27	–	–	–	–	
14	0,39	2,57	0,29	2,85	0,20	3,11	0,13	3,36	–	–	
15	0,45	2,47	0,34	2,73	0,25	2,98	0,18	3,22	0,11	3,44	
16	0,50	2,39	0,40	2,62	0,30	2,86	0,22	3,09	0,16	3,30	
17	0,55	2,32	0,45	2,54	0,36	2,76	0,27	2,98	0,20	3,18	
18	0,60	2,26	0,50	2,46	0,41	2,67	0,32	2,87	0,24	3,07	
19	0,65	2,21	0,55	2,40	0,46	2,59	0,37	2,78	0,29	2,97	
20	0,69	2,16	0,60	2,34	0,50	2,52	0,42	2,70	0,34	2,89	
21	0,73	2,12	0,64	2,29	0,55	2,46	0,46	2,63	0,38	2,81	
22	0,77	2,09	0,68	2,25	0,59	2,41	0,50	2,57	0,42	2,73	
23	0,80	2,06	0,72	2,21	0,63	2,36	0,55	2,51	0,47	2,67	
24	0,84	2,04	0,75	2,17	0,67	2,32	0,58	2,46	0,51	2,61	
25	0,87	2,01	0,78	2,14	0,70	2,28	0,62	2,42	0,54	2,56	
30	1,00	1,93	0,93	2,03	0,85	2,14	0,78	2,25	0,71	2,36	
40	1,18	1,85	1,12	1,92	1,06	2,00	1,01	2,07	0,95	2,15	
50	1,22	1,82	1,25	1,88	1,20	1,93	1,16	1,99	1,11	2,04	
60	1,37	1,81	1,34	1,85	1,30	1,89	1,26	1,94	1,22	1,98	
70	1,43	1,80	1,40	1,84	1,37	1,87	1,34	1,91	1,31	1,95	
80	1,48	1,80	1,43	1,83	1,43	1,86	1,40	1,89	1,37	1,93	
90	1,52	1,80	1,49	1,83	1,47	1,85	1,45	1,88	1,42	1,91	
100	1,55	1,80	1,53	1,83	1,51	1,85	1,48	1,87	1,46	1,90	
150	1,65	1,82	1,64	1,83	1,62	1,85	1,61	1,86	1,59	1,88	
200	1,71	1,83	1,70	1,84	1,69	1,85	1,68	1,86	1,67	1,87	

α ishonchlilik ehtimoli va fozod darajasi bo'lganda
Styudent (t-mezoni) statistikasining kritik qiymatlarini topish

f	α							
	0.80	0.90	0.95	0.98	0.99	0.995	0.998	0.999
1	3.0770	6.3130	12.7060	31.820	63.656	127.656	318.306	636.619
2	1.8850	2.9200	4.3020	6.964	9.924	14.089	22.327	31.599
3	1.6377	2.35340	3.182	4.540	5.840	7.458	10.214	12.924
4	1.5332	2.13180	2.776	3.746	4.604	5.597	8.173	8.610
5	1.4759	2.01500	2.570	3.649	4.0321	4.773	5.893	6.863
6	1.4390	1.943	2.4460	3.1420	3.7070	4.316	5.2070	5.958
7	1.4149	1.8946	2.3646	2.998	3.4995	4.2293	4.785	5.4079
8	1.3968	1.8596	2.3060	2.8965	3.3554	3.832	4.5008	5.0413
9	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498	3.6897	4.2968	4.780
10	1.3720	1.8125	2.2281	2.7638	3.1693	3.5814	4.1437	4.5869
11	1.363	1.795	2.201	2.718	3.105	3.496	4.024	4.437
12	1.3562	1.7823	2.1788	2.6810	3.0845	3.4284	3.929	4.178
13	1.3502	1.7709	2.1604	2.6503	3.1123	3.3725	3.852	4.220
14	1.3450	1.7613	2.1448	2.6245	2.976	3.3257	3.787	4.140
15	1.3406	1.7530	2.1314	2.6025	2.9467	3.2860	3.732	4.072
16	1.3360	1.7450	2.1190	2.5830	2.9200	3.2520	3.6860	4.0150
17	1.3334	1.7396	2.1098	2.5668	2.8982	3.2224	3.6458	3.965
18	1.3304	1.7341	2.1009	2.5514	2.8784	3.1966	3.6105	3.9216
19	1.3277	1.7291	2.0930	2.5395	2.8609	3.1737	3.5794	3.8834
20	1.3253	1.7247	2.08600	2.5280	2.8453	3.1534	3.5518	3.8495
21	1.3230	1.7200	2.2.0790	2.5170	2.8310	3.1350	3.5270	3.8190
22	1.3212	1.7117	2.0739	2.5083	2.8188	3.1188	3.5050	3.7921
23	1.3195	1.7139	2.0687	2.4999	2.8073	3.1040	3.4850	3.7676
24	1.3178	1.7109	2.0639	2.4922	2.7969	3.0905	3.4668	3.7454
25	1.3163	1.7081	2.0595	2.4851	2.7874	3.0782	3.4502	3.7251
26	1.315	1.705	2.059	2.478	2.778	3.0660	3.4360	3.7060
27	1.3137	1.7033	2.0518	2.4727	2.7707	3.0565	3.4210	3.6896
28	1.3125	1.7011	2.0484	2.4671	2.7633	3.0469	3.4082	3.6739
29	1.3114	1.6991	2.0452	2.4620	2.7564	3.0360	3.3962	3.6494
30	1.3104	1.6973	2.0423	2.4573	2.7500	3.0298	3.3852	3.6460
32	1.3080	1.6930	2.0360	2.4480	2.7380	3.0140	3.3650	3.6210
34	1.3070	1.6909	2.0322	2.4411	2.7284	3.9520	3.3479	3.6007
36	1.3050	1.6883	2.0281	2.4345	2.7195	9.490	3.3326	3.5821
38	1.3042	1.6860	2.0244	2.4286	2.7116	3.9808	3.3190	3.5657
40	1.303	1.6839	2.0211	2.4233	2.7045	3.9712	3.3069	3.5510
42	1.320	1.682	2.018	2.418	2.6980	2.6930	3.2960	3.5370
44	1.301	1.6802	2.0154	2.4141	2.6923	3.9555	3.2861	3.5258
46	1.300	1.6767	2.0129	2.4102	2.6870	3.9488	3.2771	3.5150
48	1.299	1.6772	2.0106	2.4056	2.6822	3.9426	3.2689	3.5051
50	1.298	1.6759	2.0086	2.4033	2.6778	3.9370	3.2614	3.4060
55	1.2997	1.673	2.0040	2.3960	2.6680	2.9240	3.2560	3.4760
60	1.2958	1.6706	2.0003	2.3901	2.6603	3.9146	3.2317	3.4602
65	1.2947	1.6686	1.997	2.3851	2.6536	3.9060	3.2204	3.4466
70	1.2938	1.6689	1.9944	2.3808	2.6479	3.8987	3.2108	3.4350
80	1.2820	1.6640	1.9900	2.3730	2.6380	2.8870	3.1950	3.4160
90	1.2910	1.6620	1.9867	2.3885	2.6316	2.8779	3.1833	3.4019
100	1.2901	1.6602	1.9840	2.3642	2.6259	2.8707	3.1737	3.3905
120	1.2888	1.6577	1.9719	2.3578	2.6174	2.8598	3.1595	3.3735
150	1.2872	1.6551	1.9759	2.3515	2.6090	2.8482	3.1455	3.3566
200	1.2858	1.6525	1.9719	2.3451	2.6006	2.8385	3.1315	3.3398
250	1.2849	1.6510	1.9695	2.3414	2.5966	2.8222	3.1232	3.3299
300	1.2844	1.6499	1.9679	2.3388	2.5923	2.8279	3.1176	3.3233
400	1.2837	1.6487	1.9659	2.3357	2.5882	2.8227	3.1107	3.3150
500	1.2830	1.6470	1.9640	2.3330	2.7850	2.8190	3.1060	3.3100

$P=0,05$ ehtimollik bilan ozod darajalar k_1 va k_2 son bo'lganda Fisher mezon qiymatlari

	k ₁											
k ₂	1	2	3	4	5	6	8	12	16	24	50	>50
1	161.40	199.50	215.70	224.60	230.20	234.00	238.90	243.90	246.50	249.00	251.80	254.30
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.37	19.41	19.43	19.45	19.47	19.50
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.84	8.74	8.69	8.64	8.58	8.53
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.04	5.91	5.84	5.77	5.70	5.63
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.82	4.68	4.60	4.53	4.44	4.36
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.15	4.00	3.92	3.84	3.75	3.67
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.73	3.57	3.49	3.41	3.32	3.23
8	5.32	4.48	4.07	3.84	3.69	3.58	3.44	3.28	3.20	3.12	3.02	2.93
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.23	3.07	2.98	2.90	2.80	2.71
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.07	2.91	2.82	2.74	2.64	2.54
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	2.95	2.79	2.70	2.61	2.50	2.40
12	4.75	3.88	3.49	3.26	3.11	3.00	2.85	2.69	2.60	2.50	2.40	2.30
13	4.67	3.80	3.41	3.18	3.02	2.92	2.77	2.60	2.51	2.42	2.32	2.21
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.70	2.53	2.44	2.35	2.24	2.13
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.64	2.48	2.39	2.29	2.18	2.07
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.59	2.42	2.33	2.24	2.13	2.01
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.55	2.38	2.29	2.19	2.08	1.96
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.51	2.34	2.25	2.15	2.04	1.92
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.48	2.31	2.21	2.11	2.00	1.88
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.45	2.28	2.18	2.08	1.96	1.84
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.42	2.25	2.15	2.05	1.93	1.81
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.40	2.23	2.13	2.03	1.91	1.78
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.38	2.20	2.11	2.00	1.88	1.76
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.36	2.18	2.09	1.98	1.86	1.73
25	4.24	3.38	2.99	2.76	2.60	2.49	2.34	2.16	2.07	1.96	1.84	1.71
26	4.22	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.32	2.15	2.05	1.95	1.82	1.69
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.30	2.13	2.03	1.93	1.80	1.67
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.44	2.29	2.12	2.02	1.91	1.78	1.65
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.54	2.43	2.28	2.10	2.00	1.90	1.77	1.64
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.27	2.09	1.99	1.89	1.76	1.62
35	4.12	3.26	2.87	2.64	2.48	2.37	2.22	2.04	1.94	1.83	1.70	1.57
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.18	2.00	1.90	1.79	1.66	1.51
45	4.06	3.21	2.81	2.58	2.42	2.31	2.15	1.97	1.87	1.76	1.63	1.48
50	4.03	3.18	2.79	2.56	2.40	2.29	2.13	1.95	1.85	1.74	1.60	1.44
60	4.00	3.15	2.76	2.52	2.37	2.25	2.10	1.92	1.81	1.70	1.56	1.39
70	3.98	3.13	2.74	2.50	2.35	2.23	2.07	1.89	1.79	1.67	1.53	1.35
80	3.96	3.11	2.72	2.49	2.33	2.21	2.06	1.88	1.77	1.65	1.51	1.32
90	3.95	3.10	2.71	2.47	2.32	2.20	2.04	1.86	1.76	1.64	1.49	1.30
100	3.94	3.09	2.70	2.46	2.30	2.19	2.03	1.85	1.75	1.63	1.48	1.28
125	3.92	3.07	2.68	2.44	2.29	2.17	2.01	1.83	1.72	1.60	1.45	1.25
150	3.90	3.06	2.66	2.43	2.27	2.16	2.00	1.82	1.71	1.59	1.44	1.22
200	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26	2.14	1.98	1.80	1.69	1.57	1.42	1.19
300	3.87	3.03	2.64	2.41	2.25	2.13	1.97	1.79	1.68	1.55	1.39	1.15
400	3.86	3.02	2.63	2.40	2.24	2.12	1.96	1.78	1.67	1.54	1.38	1.13
500	3.86	3.01	2.62	2.39	2.23	2.11	1.96	1.77	1.66	1.54	1.38	1.11
1000	3.85	3.00	2.61	2.38	2.22	2.10	1.95	1.76	1.65	1.53	1.36	1.08
>1000	3.84	2.99	2.60	2.37	2.21	2.09	1.94	1.75	1.64	1.52	1.35	1.00

$P=0,01$ ehtimollik bilan ozod darajalar k_1 va k_2 son bo'lganda Fisher mezon qiymatlari

k_2	k_1											
	1	2	3	4	5	6	8	12	16	24	50	>50
1	14052	4999	5403	5625	5764	5859	5981	6106	6169	6234	6302	6366
2	9849	9900	9917	9925	9930	9933	9936	9942	9944	9946	9948	9950
3	34,12	30,81	29,46	28,71	28,24	27,91	27,49	27,05	26,83	26,60	26,35	26,12
4	2120	18,00	16,69	15,98	15,52	15,21	14,80	14,37	14,15	13,93	13,69	13,46
5	16,26	13,27	12,06	11,39	10,97	10,67	10,29	9,89	9,68	9,47	9,24	9,02
6	13,74	10,92	9,78	9,15	8,75	8,47	8,10	7,72	7,52	7,31	7,09	6,88
7	12,25	9,55	8,45	7,85	7,46	7,19	6,84	6,47	6,27	6,07	5,85	5,65
8	11,26	8,65	7,59	7,01	6,63	6,37	6,03	5,67	5,48	5,28	5,06	4,86
9	10,56	8,02	6,99	6,42	6,06	5,80	5,47	5,11	4,92	4,73	4,51	4,31
10	10,04	7,56	6,55	5,99	5,64	5,39	5,06	4,71	4,52	4,33	4,12	3,91
11	9,65	7,20	6,22	5,67	5,32	5,07	4,74	4,40	4,21	4,02	3,80	3,60
12	9,33	6,93	5,95	5,41	5,06	4,82	4,50	4,16	3,98	3,78	3,56	3,36
13	9,07	6,70	5,74	5,20	4,86	4,62	4,30	3,96	3,78	3,59	3,37	3,16
14	8,86	6,51	5,56	5,03	4,69	4,46	4,14	3,80	3,62	3,43	3,21	3,00
15	8,68	6,36	5,42	4,89	4,56	4,32	4,00	3,67	3,48	3,29	3,07	2,87
16	8,53	6,23	5,29	4,77	4,44	4,20	3,89	3,55	3,37	3,18	2,96	2,75
17	8,40	6,11	5,18	4,67	4,34	4,10	3,79	3,45	3,27	3,08	2,86	2,65
18	8,28	6,01	5,09	4,58	4,25	4,01	3,71	3,37	3,20	3,00	2,79	2,57
19	8,18	5,93	5,01	4,50	4,17	3,94	3,63	3,30	3,12	2,92	2,70	2,49
20	8,10	5,85	4,94	4,43	4,10	3,87	3,56	3,23	3,05	2,86	2,63	2,42
21	8,02	5,78	4,87	4,37	4,04	3,81	3,51	3,17	2,99	2,80	2,58	2,36
22	7,94	5,72	4,82	4,31	3,99	3,76	3,45	3,12	2,94	2,75	2,53	2,31
23	7,88	5,66	4,76	4,26	3,94	3,71	3,41	3,07	2,89	2,70	2,48	2,26
24	7,82	5,61	4,72	4,22	3,90	3,67	3,36	3,03	2,85	2,66	2,44	2,21
25	7,77	5,57	4,68	4,18	3,86	3,63	3,32	2,99	2,81	2,62	2,40	2,17
26	7,72	5,53	4,64	4,14	3,82	3,59	3,29	2,96	2,78	2,58	2,36	2,13
27	7,68	5,49	4,60	4,11	3,78	3,56	3,26	2,93	2,74	2,55	2,33	2,10
28	7,64	5,45	4,57	4,07	3,75	3,53	3,23	2,90	2,71	2,52	2,30	2,06
29	7,60	5,42	4,54	4,04	3,73	3,50	3,20	2,87	2,68	2,49	2,27	2,03
30	7,56	5,39	4,51	4,02	3,70	3,47	3,17	2,84	2,66	2,47	2,24	2,01
35	7,42	5,27	4,40	3,91	3,59	3,37	3,07	2,74	2,56	2,37	2,13	1,90
40	7,31	5,18	4,31	3,83	3,51	3,29	2,99	2,66	2,48	2,29	2,05	1,80
45	7,23	5,11	4,25	3,77	3,45	3,23	2,94	2,61	2,43	2,23	1,99	1,75
50	7,17	5,06	4,20	3,72	3,41	3,19	2,89	2,56	2,38	2,18	1,94	1,68
60	7,08	4,98	4,13	3,65	3,34	3,12	2,82	2,50	2,32	2,12	1,87	1,60
70	7,01	4,92	4,07	3,60	3,29	3,07	2,78	2,45	2,28	2,07	1,82	1,53
80	6,96	4,88	4,04	3,56	3,26	3,04	2,74	2,42	2,24	2,03	1,78	1,49
90	6,92	4,85	4,01	3,53	3,23	3,01	2,72	2,39	2,21	2,00	1,75	1,45
100	6,90	4,82	3,98	3,51	3,21	2,99	2,69	2,37	2,19	1,98	1,73	1,43
125	6,84	4,78	3,94	3,47	3,17	2,95	2,66	2,33	2,15	1,94	1,69	1,37
150	6,81	4,75	3,91	3,45	3,14	2,92	2,63	2,31	2,13	1,92	1,66	1,33
200	6,76	4,71	3,88	3,41	3,11	2,89	2,60	2,28	2,09	1,88	1,62	1,28
300	6,72	4,68	3,85	3,38	3,08	2,86	2,57	2,24	2,06	1,85	1,59	1,22
400	6,70	4,66	3,83	3,37	3,06	2,85	2,56	2,23	2,04	1,84	1,57	1,15
500	6,69	4,65	3,82	3,36	3,05	2,84	2,55	2,22	2,03	1,83	1,56	1,16
1000	6,66	4,63	3,80	3,34	3,04	2,82	2,53	2,20	2,01	1,81	1,54	1,11
>1000	6,64	4,60	3,78	3,32	3,02	2,80	2,51	2,18	1,99	1,79	1,52	1,00

$q=q(\gamma, n)$ qiymatlari

$n \backslash \gamma$	0,95	0,99	0,999	$n \backslash \gamma$	0,95	0,99	0,999
5	1,37	2,67	5,64	20	0,37	0,58	0,88
6	1,09	2,01	3,88	25	0,32	0,49	0,73
7	0,92	1,62	2,98	30	0,28	0,43	0,63
8	0,80	1,38	2,42	35	0,26	0,38	0,56
9	0,71	1,20	2,06	40	0,24	0,35	0,50
10	0,65	1,08	1,80	45	0,22	0,32	0,46
11	0,59	0,98	1,60	50	0,21	0,30	0,43
12	0,55	0,90	1,45	60	0,188	0,269	0,38
13	0,52	0,83	1,33	70	0,174	0,245	0,34
14	0,48	0,78	1,23	80	0,161	0,226	0,31
15	0,46	0,73	1,15	90	0,151	0,211	0,29
16	0,44	0,70	1,07	100	0,143	0,198	0,27
17	0,42	0,66	1,01	150	0,115	0,160	0,211
18	0,40	0,63	0,96	200	0,099	0,136	0,185
19	0,39	0,60	0,92	250	0,089	0,120	0,162

$t=t(\gamma, n)$ qiymatlari

$n \backslash \gamma$	0,95	0,99	0,999	$n \backslash \gamma$	0,95	0,99	0,999
5	2,78	4,60	8,61	20	2,093	2,861	3,883
6	2,57	4,03	6,86	25	2,064	2,797	3,745
7	2,45	3,71	5,96	30	2,045	2,756	3,659
8	2,37	3,50	5,41	35	2,032	2,720	3,600
9	2,31	3,36	5,04	40	2,023	2,708	3,558
10	2,26	3,25	4,78	45	2,016	2,692	3,527
11	2,23	3,17	4,59	50	2,009	2,679	3,502
12	2,20	3,11	4,44	60	2,001	2,662	3,464
13	2,18	3,06	4,32	70	1,996	2,649	3,439
14	2,16	3,01	4,22	80	1,991	2,640	3,418
15	2,15	2,98	4,14	90	1,987	2,633	3,403
16	2,13	2,95	4,07	100	1,984	2,627	3,392
17	2,12	2,92	4,02	120	1,980	2,617	3,374
18	2,11	2,90	3,97	∞	1,960	2,576	3,291
19	2,10	2,88	3,92				

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Adirov T. X., Hamdamov I., Shomansurova F. "Ehtimollar nazariyasi va matematik statistikadan masalalar to'plami". T., "Iqtisod-moliya", 2013.
2. Alimov R.X., Boltayeva L.R., Ishnazarov A.I. "Ekonometrika" / O'quv qo'llanma. –T.: "Iqtisodiyot", 2012. – 140 b.
3. Aripov M.M., Muhammadiyev J.O'. "Informatika, informatsion texnologiyalar". Toshkent 2005- y. 63-77 betlar.
4. Berkinov B.B. "Ekonometrika" / O'quv qo'llanma. –T.: "Fan va texnologiya", 2015. – 184 bet.
5. Christopher Dougherty. Introduction to Econometrics. Oxford University Press, 2011. – 573 p.
6. G'.Nasritdinov. "Iqtisodiy-matematik modellar va usullar" / Darslik. Toshkent.: O'zbekiston faylasuflari milliy jamiyati nashriyoti, 2011. -320 b.
7. Greene W.H. Econometric Analysis. Prentice Hall, 2011.
8. Gujarati D.N. Basic Econometrics. McGraw-Hill, 2009.
9. Maxmudov N.M., Hakimov H.A. "Makroiqtisodiy tahlil va prognozlash". / O'quv qo'llanma. Toshkent: Iqtisodiyot, 2017.
10. Nasritdinov G. "Ekonometrika", T.: Iqtisod-Moliya, 2008.
11. Qarshiboyev X., Djalilov Sh., Ashurov B. "Ekonometrika" / O'quv qo'llanma. – T.: "Iqtisod-Moliya", 2020.
12. Qodirov Sh.I. va boshqalar. "Informatika" / O'quv qo'llanma. Toshkent: 2005 y.
13. Rahimov A.Q. Ehtimollar nazariyasi va matematik statistika fanidan m'ruza, amaliy va mustaqil ta'lim mashg'lotlari uchun uslubiy qo'llanma. Samarqand-2009.-164 bet.
14. Shodiyev T.Sh. va boshq. Ekonometrika .T.: "Sharq", 1999 y.
15. Shodiyev T.Sh. va b. Ekonometrika. T.: TDIU, 2007, 270 b.
16. Shodiev T.Sh., Xakimov T.X., Boltaeva L.R., Ishnazarov A.I., Nurullaeva Sh., Muminova M.A. "Ekonometrika" (o'quv qo'llanma). –T.: TDIU, 2007. –187 b.
17. Xabibullayev I., Jumayev A. "Ekonometrika" O'quv uslubiy majmua. – Toshkent moliya instituti. 2018.
18. Абдуллаев А., Ходиев Б., Ишназаров А. "Эконометрика" / Учебник. – Т.: ТГЭУ, 2007. 612 с.
19. Абдуллаев О.М., Жамалов М.С. "Эконометрическое моделирование" / Учеб. Т.: Fan va texnologiya. 2010, –612с.
20. Айвазян С.А., Иванова С.С. Эконометрика: учебное пособие. М.: Маркет ДС, 2007.
21. Батасова В.С. Практикум по основам эконометрики в среде Excel: учебное пособие, М., МЭИ, 2010, 74 с.
22. Бородич С.А. Эконометрика: учебное пособие. Мн.: Новое знание, 2001.
23. В. И. Костюнин "Эконометрика. Учебник и практикум", М., Из-во Юрайт, 2019
24. Валентинов В.А. Эконометрика: Учебник. М, «Дашков и К°», 2009.
25. Гладилин А.В. Эконометрика: Учебное пособие. –М.: КНОРУС, 2006.
26. Демидова О.А. Основы эконометрики, Учебник и практикум для прикладного бакалавриата. М.: Издательство Юрайт, 2018. 334 с.
27. Доугерти К. Введение в эконометрику. М.: Финансы и статистика, 1999.
28. Доугерти К. Введение в эконометрику. Учебник. 2-е изд./ Пер. с англ. / К. Доугерти – М.: ИНФРА-М, 2007.– 432 с.
29. Елисеева И. И. [и др.] Эконометрика: учебник для магистров. — М. : Юрайт, 2014. – 453 с.
30. Елисеева И.И. Эконометрика: учебник. М.: Финансы и статистика, 2008.
31. Елисеева. И.И., Курышева С.В. и др. Эконометрика: Учебник. М., Финансы и статистика, 2007.
32. Елисеевой И.И.и др Практикум по эконометрике: учебное пособие / М.: Финансы и статистика, 2003.
33. Елисеевой И.И.и др. Практикум по эконометрике: Учеб. Пособие. М., Финансы и статистика, 2006, 344 с.

34. Ермолаева Е.И. Основы эконометрики: практикум, Пенза 2012.
35. Замков О.О., Толстомятенко А.В., Черемных Ю.Н. Математические методы в экономике: учебник. М.: Дело и Сервис, 2009.
36. Каморников С. Ф., Каморников С. С. Эконометрика: учеб. пособие. – М.: Интеграция, 2012. – 262 с.
37. Картаев Ф. С., Ключкова О. А., Ромашова В. М., Сучкова О. В. Сборник задач по эконометрике временных рядов и панельных данных. — М.: Экономический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова, 2016. – 64 с.
38. Красс М.С., Чупрынов Б.П. Математика для экономистов. СПб.: Питер, 2008.
39. Кремер Н.Ш. Эконометрика: учебник для студентов вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2008.
40. Кувайскова Ю. Е. Эконометрика: учебное пособие / Ульяновск: УлГТУ, 2017. – 166 с.
41. Кузнецова А.В. и др. Экономико-математические методы и модели: учебное пособие / Мн.: БГЭУ, 2000.
42. Магнус Я.Р., Катышев П.К., Пересецкий А.А. Эконометрика / Начальный курс: учебник. М.: Дело, 2004.
43. Н.Ш. Кремер. Теория вероятностей и математическая статистика. Учебник. Москва. ЮНИТИ. -573 с.
44. Новиков А.И. Эконометрика: учебное пособие. М.: ИНФА
45. Новиков А.И. Эконометрика: Учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 2006.
46. Носко В.П. Эконометрика. Введение в регрессионный анализ временных рядов.
47. Твердохлебова Е. А. Социально-экономическое прогнозирование как основа управления развитием территории / Е. А. Твердохлебова. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2013. – № 7 (54). – С. 249-255.
48. Тихомиров Н.П., Дорохина Е.Ю. Эконометрика: учебник. М.: Экзамен, 2003.

49. Хацкевич Г.А., Гедранович А.Б. Эконометрика: учебно-методический комплекс. Мн.: МИУ, 2007.
50. Четыркин Е.М. Статистические методы прогнозирования. М.: Статистика, 1978.
51. Юферева О.Д. Экономико-математические методы и модели: сборник задач. Минск.: БГЭУ, 2002.

INTERNET SAYTLARI

52. <https://studfile.net/preview/4339198/page:26/>
53. <https://www.elib.buxdu.uz/index.php/pages/referatlar-mustaqil-ish-kurs-ishi/item/14536-elektron-jadvalning-imkoniyatlari-va-vazifalari>
54. www.iet.ru/mipt/2/text/curs_econometrics.htm
55. <https://economics.studio/ekonometrika/prilozhenie-tablitsa-kriteriya-darbina-uotsona-81074.html>
56. <http://www.genderi.org/ozbekiston-respublikasi-oliy-va-orta-maxsus-talim-vazirligi-to-v5.html?page=40>
57. <https://fayllar.org/model-tushunchasi-model-turlari-model-va-modellashtirish.html>

MUNDARIJA

So'z boshi.....	3
I BOB. EKONOMETRIK MODELLASHTIRISH ASOSLARI	7
1.1. Iqtisodiy tizimlar va jarayonlarning murakkabligi. Iqtisodiyotni ekonometrik modellash zarurligi.....	8
1.2. Ekonometrik model, stoxastik model, statik model va dinamik modellar to'g'risida tushuncha. Ekonometrik modellarni yaratish shartlari	14
1.3. Ekonometrik modellarning statistik bazasi	20
1.4. Ekonometrik modellash tizimi	23
1.5. Bog'lanishlarni iqtisodiy talqin qilish.....	24
II BOB. EKONOMETRIK MODELLARNING AXBOROT TA'MINOTI.....	27
2.1. Iqtisodiy ma'lumotlarning statistik tabiati. Iqtisodiy ma'lumotlarni qayta ishlash	28
2.2. Bog'liq va bog'liq bo'lmagan o'zgaruvchilarni tanlash. Natijaviy ko'rsatkich va ta'sir etuvchi omillar	29
2.3. Endogen va ekzogen omillar. Fiktiv o'zgaruvchilar. Omili va natijaviy belgilar	30
2.4. Ekonometrik modellarni tuzishga bo'lgan talablar. Omilar o'ichov birligini tanlash	32
2.5. Dastlabki axborotni shakllantirish. Vaqtli qatorlar va fazoviy ma'lumotlarning farqlari. Panel ma'lumotlari	34
III BOB. EKONOMETRIKADA EHTIMOLLAR NAZARIYASINING VA MATEMATIK STATISTIKANING ASOSIY TUSHUNCHALARI	37
3.1. Asosiy tushunchalar. To'plam to'g'risida tushuncha. Bosh, tanlama, cheklangan, cheksiz to'plamlar.....	38
3.2. Tasodifiy miqdor to'g'risida tushuncha. Diskret tasodifiy miqdorlar. Gistogramma. Uzluksiz tasodifiy miqdorlar. Matematik kutilish. Chastota, absolyut miqdor, nisbiy chastota.....	39
3.3. Tasodifiy miqdorning dispersiyasi. Tasodifiy miqdorning standart chetlanishi.....	45
3.4. Normal taqsimot. O'rtacha qiymat. Dispersiya. O'rtacha kvadratik chetlanish.....	48
3.5. Variatsiya kengligi. Variatsiya koeffitsiyenti. Moda. Mediana. Variatsiya chegarasi, ekstremal qiymat. O'rtacha chiziqli farq. Asimmetriya. Ekssess.....	58
IV BOB. JUFT KORRELYATSION-REGRESSION TAHLIL	69
4.1. Juft omilli korrelyatsiya-regressiya modeli uchun omillarni tanlash.....	70
4.2. Chiziqli juft regressiya modeli parametrlarini aniqlash	74
4.3. Chiziqli bo'lmagan juft regressiya modeli parametrlarini aniqlash.....	74
4.4. Gauss-Markov teoremi	76
4.5. Juft regressiyaning sifat tahlili	77

V BOB. CHIZIQSIZ REGRESSIYA	117
5.1. Ijtimoiy-iqtisodiy jarayonlar o'rtasida bog'lanishlarni o'rganishda chiziqli funksiyalar bilan foydalanish.....	118
5.2. Ikkinchi darajali parabola. Uchinchi darajali parabola. N-darajali parabola.....	121
5.3. Chiziqli bog'lanishlar uchun korrelyatsiya indeksini hisoblash	125
VI BOB. KO'P OMILLI EKONOMETRIK TAHLIL.....	131
6.1. Iqtisodiy jarayonlarning ko'p omilli xususiyatlari va o'zgarish qonuniyatlari.....	132
6.2. Xususiy korrelyatsiya. Juft korrelyatsiya. Multikollenarlik. Ko'p omilli korrelyatsiya	134
6.3. Ko'p omilli ekonometrik (regression) model. Chiziqli va chiziqli ko'p omilli regression bog'lanishlar. "Eng kichik kvadratlar" usuli (ekku) yordamida ko'p omilli ekonometrik model koeffitsiyentlarini hisoblash.....	136
6.4. Umumlashtirilgan va bivosita "Eng kichik kvadratlar" usuli (ekku). Ekonometrik model parametrlarini iqtisodiy tahlili. Elastiklik koeffitsiyentlari.	137
VII BOB. REGRESSIYANING XUSUSIY TENGLAMASI.....	157
7.1. Regressiyaning xususiy tenglamasining yozilishi va elastiklikning xususiy koeffitsiyentini aniqlash	158
7.2. Ko'p omilli korrelyatsiya.....	159
7.3. Xususiy korrelyatsiya.....	160
VIII BOB. EKONOMETRIK MODELLARNI BAHOLASH.....	171
8.1. Ekonometrik modellarning iqtisodiy tahlilida verifikatsiya bosqichining ahamiyati	172
8.2. Ekonometrik modellar sifati va ahamiyatini mezonlar bo'yicha baholash	172
8.3. Gomoskedastlik va geteroskedastlikni aniqlash uchun testlar	177
8.4. Ekonometrik modellardagi parametrlarni iqtisodiy jihatdan baholash mezonlari.....	183
IX BOB. VAQTLI QATORLAR	197
9.1. Vaqtli qatorlar to'g'risida umumiy tushunchalar va ularni tahlil qilish vazifalari	198
9.2. Dinamik qatorlar. Vaqtli qatorlarning dastlabki tahlili.....	199
9.3. Additiv va multiplikativ modellar. Mavsumiylik tahlili. Tendensiyani aniqlash	201
X BOB. TENGLAMALAR TIZIMI KO'RINISHIDAGI EKONOMETRIK TAHLIL.....	239
10.1. Bir-biriga bog'liq tenglamalar tizimini tushunchalari va turlari.....	240
10.2. Ekonometrik tenglamalar tizimi parametrlarini hisoblash uslubiyoti.....	241
10.3. Ekonometrik tenglamalar tizimini identifikatsiyalash muammolari.....	246

XI BOB. AMALIY EKONOMETRIK MODELLAR	251
11.1. Talab va taklif modeli	252
11.2. Ishlab chiqarish funksiyalari	262
11.3. Iqtisodiy o'sish tushunchasi	288
11.4. Daromad va iste'mol funksiyasi	295
XII BOB. IQTISODIY KO'RSATKICHLARNI PROGNOZLASHDA EKONOMETRIK MODELLARDAN FOYDALANISH	305
12.1. Ishlab chiqarish omillari. Ijtimoiy-iqtisodiy prognozlash: umumiy tushunchalar va obyektlari	306
12.2. Prognozlash funksiyalari va prognozlash obyektlarining tizimli tahlili	307
12.3. Prognoz usullari va ularning turlari	310
XIII BOB. STASIONAR QATORLAR. ARMA MODELI	323
13.1. Vaqtli qatorlarning qo'llanishi	324
13.2. Vaqtli qatorlarni prognozlashtirish	328
13.3. Prophet modelida biznes-prognozlash	329
13.4. Eksponensial silliqlash usuli bilan prognozlashtirish	329
XIV BOB. DINAMIK EKONOMETRIK MODELLAR	337
14.1. Dinamik ekonometrik modellarning umumiy xarakteristikalarini	338
14.2. Avtoregressiya modeli va uning parametrlarini baholash	340
14.3. Taqsimlangan lagli modellarning xarakteristikasi	341
14.4. Almon usuli	342
14.5. Koyk usuli	348
XV BOB. EKONOMETRIK TADQIQOTLARDA AXBOROT TEXNOLOGIYALARI	355
15.1. EViews – ekonometrik modelashtirish dasturi	356
15.1.1. EViews – ekonometrik modelashtirish dasturi imkoniyatlari	356
15.1.2. EViews dasturini ishga tushirish	356
15.2. Elektron jadvallardan foydalanish texnologiyalari	360
15.2.1. Microsoft Excel dasturi haqida umumiy ma'lumotlar	360
15.2.2. Microsoft Excel 2013 dasturi dasturini ishga tushirish	362
15.2.3. MS Excel 2013 dasturi da formula va funksiyalar bilan ishlash	367
Ilovalar	375
Foydalanilgan adabiyotlar	381
Internet saytlari	384

Raximov Abdulaxad Nematovich

EKONOMETRIKAGA KIRISH

Darslik

“IQTISODIYOT” – 2023

Muharrir:

Matxo'jayev A.O.

Musahhih:

Mirzayev J.U.

Texnik muharrir:

Kamalova D.A.

Litsenziya raqami №021027-08.02.2020. Bosishga ruxsat etildi: 10.10.2023.
Qog'oz bichimi 70x108¹/₁₆. “Times” va “TTFirst” garnituras. Bosma tabog'i: 24,3.
Raqamli bosma usuli. Adadi 100 nusxa. Buyurtma №1689590–17.09.2023.

«IQTISODIYOT» Nashriyotining matbaa bo'limida chop etildi.
100066. Toshkent shahri, Islom Karimov ko'chasi, 49–uy.