

O.Q. Xatamov

EKONOMETRIKA ASOSLARI

(Amaliy mashg'ulotlar uchun)

*O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta ta'lim vazirligi huzuridagi
Muvofiqlashtiruvchi kengash tomonidan 5230100-Iqtisodiyot (tarmoqlar va sohalar
bo'yicha) va 5230200-Menejment (tarmoqlar va sohalar bo'yicha) ta'lim yo'nalishlarida
tahsil olayotgan styudentlar uchun o'quv qo'llanma sifatida tavsiya etilgan.*

**QARSHI
«INTELLEKT» NASHRIYOTI
2022**

UDK: 625.08.(076.6)

BBK: 38.877

O.Q. Xatamov

**Ekonometrika asoslari. . O'quv qo'llanma. Qarshi. «Intellect»
nashriyoti, 2022. –220 bet.**

O'quv qo'llanma "Ekonometrika asoslari" fani o'quv dasturiga muvofiq yozilgan. Unda ekonometrik modellashtirish asoslari, ekonometrik modellarning axborot ta'minoti, juft va ko'p omilli ekonometrik tahlil, ekonometrik modellarni baholash, vaqtli qatorlar, tenglamalar tizimi ko'rinishidagi ekonometrik model, amaliy ekonometrik modellar, iqtisodiy ko'rsatkichlarni prognozlashda ekonometrik modellardan foydalanishni mazmun-mohiyati yoritib berilgan.

O'quv qo'llanma iqtisodiyot sohasi ta'lim muassasalari bakalavriat va magistratura dasturi bo'yicha ta'lim olayotgan styudentlar, o'qituvchilar, tadqiqotchilar, shuningdek, ekonometrikani mustaqil o'rganuvchilarga mo'ljallangan.

Учебное пособие написано в соответствии с учебной программой предмета «Основы эконометрики». В нем описываются основы эконометрического моделирования, информационная поддержка эконометрических моделей, двух- и многофакторный эконометрический анализ, оценка эконометрических моделей, временные ряды, эконометрические модели в виде системы уравнений, прикладные экономет-рические модели, использование эконометрических моделей для прогнозирования экономических показателей.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по программам бакалавриата и магистратуры, преподавателей учебных заведений всех форм обучения, а также для тех, кто изучает эконометрию самостоятельно.

The teaching aid is written in accordance with the curriculum of the subject "Fundamentals of Econometrics." It describes the fundamentals of econometric modeling, information support of econometric models, double and multifactorial econometric analysis, the estimation of econometric models, time series, econometric models in the form of a system of equations, applied econometric models, utilization of econometric models for the purpose of forecasting economic indicators.

The teaching aid is intended for students studying under the bachelor and master's programs, teachers of educational institutions of all forms of training, as well as for those who study econometrics independently.

ISBN 978-9943-7898-7-6

© O.Q. Xatamov, 2022

© «Intellect» nashriyoti, 2022

KIRISH

Jahon hamjamiyatida O'zbekiston o'z o'rnini egallashi, raqobatbardosh iqtisodiyotni yaratish hamda barqaror iqtisodiy o'sishni ta'minlash, yangi ish o'rinlarini tashkil qilish orqali bandlik muammosini hal etish, aholining daromadlari va farovonligini oshirishda tobora muhim o'rin tutayotgan kichik biznes va xususiy tadbirkorlikni jadal rivojlantirish, rag'batlantirish va qo'llab-quvvatlash, ta'lim tizimida zamonaviy axborot va ilg'or pedagogik texnologiyalarni qo'llash – ustuvor masalalar bo'lib qolmoqda.

“Ekonometrika asoslari” fani ijtimoiy-iqtisodiy hodisa va jarayonlarning ekonometrik modellarini tuzish, tuzilgan modellar yordamida iqtisodiy sub'ektlar holatini tahlil qilish va tahlil natijalari asosida optimal qarorlar qabul qilishni, tuzilgan modellarni turli xil mezonlar asosida tekshirish va ularni tadbiq qilish hamda ijtimoiy-iqtisodiy ko'rsatkichlarni prognoz qilishni o'rganadi.

Mamlakatimizda banklarning kapitallashuvi va investitsiyaviy faolligini yanada oshirish, iqtisodiyotdagi tarkibiy o'zgarishlarning ustuvor yo'nalishlarini qayta tiklash va kengaytirish, ishlab chiqarishni modernizatsiya qilish, texnik va texnologik yangilashga qaratilgan kreditlash hajmini oshirish va bu jarayonlarda ekonometrik model-lashtirish usullaridan foydalanish muhim vazifalardan hisoblanadi.

Mamlakatimiz iqtisodiyotida ro'y berayotgan jiddiy tarkibiy o'zgarishlar tashqi iqtisodiy ko'rsatkichlarda o'zining aniq ifodasini topmoqda. Bunday iqtisodiy o'sishga erishishda, avvalambor, keng ko'lamli tizimli bozor islohotlarini joriy etish va xorijiy investitsiyalarni jalb qilish, iqtisodiyotda chuqur tarkibiy o'zgarishlarni amalga oshirish, ishlab chiqarishni modernizatsiya qilish va yangilash, kichik biznes va xususiy tadbirkorlikni jadal rivojlantirishga qaratilganligi katta ahamiyatga egadir.

Iqtisodiyotni modernizatsiyalash sharoitida o'zgarib turuvchi raqobat muhiti va bozor sharoitlarini ilg'ab olish, ularning mohiyati hamda qonuniyatlarini chuqur tahlil qilishda ekonometrik usullar va

modellardan foydalanish yordamida makroiqtisodiy indikatorlarni prognozlash, ko'p variantli yechimlardan muqobil yechimni tanlash, tavakkalchilik va noaniqlik sharoitida optimal iqtisodiy qarorlar qabul qilish, keyinchalik, bu qarorlar bajarilishini kompyuter orqali monitoring qilish masalalarining nazariy va amaliy tomonlarini o'rganishda “Ekonometrika asoslari” fani muhim ahamiyat kasb etadi.

Hozirgi paytda iqtisodiy fan va amaliyot murakkab iqtisodiy, xo'jalik va nazariy masalalarni hal qilishda amaliy matematika yutuqlaridan keng foydalanmoqda. Mamalakatimizda qabul qilingan “Ta'lim to'g'risida”gi, “Kadrlar tayyorlash Milliy dasturi” Qonunlariga asosan ta'lim olayotgan barcha talabalarni bilimlarini yana oshirish maqsadida bugungi kunda ta'lim jarayonlari tubdan o'zgartirilmoqda. Ta'lim sohasida o'qitishning yangi shakllari: yangi pedagogik texnologiyalar, zamonaviy axborot texnologiyalari asosida ta'lim berish usullari keng qo'llanilmoqda. Bu esa ta'lim oluvchilarning har tomonlama yetuk, bilimdon va raqobatbardoshligini ta'minlashga imkon beradi.

Ushbu o'quv qo'llanmaning maqsadi talabalarni ekonometrika-ning markaziy g'oyasi va ekonometrik nazariya texnikasi bilan to'liq ta'minlash, shuningdek, empirik loyihani amalga oshirish uchun zarur bo'lgan barcha vositalarni berishdir¹.

Birinchi navbatda, o'quv qo'llanma matnida taqdim etilgan nazariyalarni tushuntirishda ekonometrika nazariyasi bilan bog'liq chuqur tahliliy va soddalashtirilgan yondashuvlarni ko'rsatib beradi. Ekonometrikada matematikadan foydalanish amaliy jihatdan muqarrar bo'lgan holda, o'quv qo'llanma yanada puxta tushunish uchun matematikadan foydalanishni afzal ko'ruvchilar bilan bir qatorda mustahkam matematik bilimga ega bo'lmagan o'quvchilar uchun ham mo'ljallangan. Maqsadga erishish uchun, kitob ikkita alohida bo'limlarda talab asosida fanga umumiy va matematik amallar orqali yondashuvni ta'minlaydi. Shunday qilib, matematik amallar va

¹ Gujarati, Damodar N. Basic econometrics / Damodar N. Gujarati, Dawn C. Porter. 5th ed. New York, NY McGraw-Hill/Irwin 2009. p.xvi

dalillar bilan band bo'lishni istamaydigan o'quvchi har bir mavzuning matematik tahlillarini o'tkazib yuborib, matn uzluksizligiga ta'sir qilmagan holda umumiy yondashuv asosida foydalana oladi. Shu bilan birga har bir mavzuni matematik tahlil qilib o'rganishni xohlovchilar uchun har qaysi bobda tegishli bo'limlarni o'rganish imkoni mavjud. Bu imkoniyatdan foydalanib, ahamiyatga ega bo'lgan hollarda ba'zi masalalarni dalillarini matritsalar algebrasi usulidan foydalanib chuqur tahlil qilish mumkin va ayni paytda bu o'tkazilgan tahlillarning asosiy qismi matritsalar algebrasi kursini o'rganmaganlarga ham tushunarli bo'lishi uchun soddalashtirilgan usullarda taqdim etiladi.

O'quv qo'llanma boshlang'ich darajada bo'lib, bakalavriat talabalari uchun tavsiya etilishi bilan bir qatorda magistr va ilmiy izlanuvchilarning amaliy ishlarida yordamchi vosita bo'lib xizmat qiladi.

O'quv qo'llanma ekonometrikaning asosiy bo'limlarini o'rganishga bag'ishlangan: Juft omilli regressiya, Ko'p omilli regressiya, bir vaqtda tenglamalar tizimlari, vaqt qatorlari modellari. Shuningdek, u adaptiv regressiyani modellashtirish bo'limini taqdim etadi.

Qo'llanma yetti bo'limdan iborat: "Ekonometrik modellarni qurish bosqichlari", "Juft omilli regressiya", "Ko'p omilli regressiya", "Moslashuvchan regressiyani modellashtirish", "Bir vaqtning o'zida tenglamalar tizimlari", "Vaqt qatorlarini modellashtirish" va "Hisoblash grafik ish.

Birinchi bo'limda "Ekonometrika asoslari" fanining tushunchasi, ekonometrikaning vazifalari, ekonometrik tadqiqotda qo'llaniladigan asosiy usullar, shuningdek, ekonometrik modellarning turlari va ularning bosqichlari yoritilgan. qurilish.

Ikkinchi bo'limda regressiya tahlili usulining asosiy tushunchalari, chiziqli va chiziqli bo'lmagan juftlashgan regressiyalar modellari, juftlashgan regressiyalar parametrlarini baholash usullari va juftlashgan regressiya modellari sifatining asosiy mezonlari yoritilgan.

Uchinchi bo'lim Ko'p omilli regressiya modellarining asosiy turlarini taqdim etadi, Ko'p omilli regressiya modellari uchun parametrlarni va sifat mezonlarini baholash usullarini tavsiflaydi.

To'rtinchi bo'lim adaptiv regressiyani modellashtirish masalalariga bag'ishlangan. Regressiya tahlilining asosiy taxminlari va bu taxminlar buzilgan taqdirda qo'llaniladigan moslashish usullari keltirilgan.

Beshinchi bo'lim "Bir vaqtning o'zida tenglamalar tizimlari" ekonometrik tenglamalar tizimlarining asosiy tushunchalarini, modelni aniqlash muammolarini o'z ichiga oladi, bir vaqtning o'zida tenglamalar tizimlarining parametrlarini baholash usullarini tavsiflaydi:

ikki bosqichli eng kichik kvadratlar, uch bosqichli eng kichik kvadratlar.

"Vaqt qatorlari modellari" bo'limida vaqt qatorsining asosiy tushunchalari, vaqt qatori modelining tuzilishi, vaqt qatori modelining tarkibiy qismlarini aniqlash usullari, model komponentlari parametrlarini baholash algoritmlari keltirilgan. vaqt qatorsidan.

Oxirgi bo'limda nazariy ma'lumotlarni birlashtirish va studentlarda mustaqil amaliy hisob-kitoblar ko'nikmalarini rivojlantirish uchun mo'ljallangan hisoblash va grafik ishlarni bajarish uchun uslubiy tavsiyalar va variantlar mavjud.

Qo'llanma fanni o'zlashtirish uchun zarur bo'lgan nazariy ma'lumotlarni o'z ichiga oladi, amaliy muammolarni hal qilish misollari, shuningdek, o'z-o'zini bajarish uchun topshiriqlar beradi.

"Ekonometrika asoslari" fanidan o'quv qo'llanma talabalarda turli ob'ektlar, hodisalar va jarayonlarning stoxastik modellarini qurish va tahlil qilish bo'yicha amaliy ko'nikmalarni shakllantirishga yordam berishi kerak.

O'quv qo'llanma studentlar uchun mo'ljallanganyo'nalishlari "Amaliy matematika"dan "Ekonometrika" kursini o'rganayotgan boshqa yo'nalish talabalari ham foydalanishlari mumkin.

MAVZU: EKONOMETRIK MODELLARNI QURISH BOSQICHLARI

1. Ekonometrikaning predmeti

2. Ekonometrika usullari

3. Ekonometrikada modellar turlari

4. Model qurish bosqichlari

1. Ekonometrikaning predmeti

" *Ekonometrika* " tushunchasi ikkita tushunchaning birikmasidir so'zlar:

iqtisodiyot va ko'rsatkichlar. Shunday qilib, nom fanni iqtisodiyotdagi jarayon va hodisalarni o'rganuvchi fan sifatida tavsiflaydi.

Garchi hozirgi vaqtda ekonometrika usullari nafaqat iqtisodiyotda, balki boshqa sohalarda ham jarayon va hodisalarning nisbatlarini miqdoriy jihatdan o'rganish uchun qo'llaniladi: texnika, astronomiya, tibbiyot va boshqalar.

Ekonometrika - matematik va statistik usullar va modellar yordamida turli hodisa va jarayonlarning o'zaro bog'liqligini miqdoriy tavsiflovchi fan.

Ekonometrikaning vazifalari:

- o'rganilayotganlar o'rtasidagi aloqalarni aniqlash jarayonlar;
- aniqlangan naqshlarning miqdoriy bahosi (shakl - modelni moslashtirish va uning parametrlarini baholash);
- tahlil qilishda aniqlangan munosabatlardan foydalanish imkoniyatlarini o'rganish va bashorat qilish.

–

2. Ekonometrika usullari

Ekonometrikaning asosiy usullari matematik statistika usullari: *korrelyatsiya va regressiya tahlillari*.

Korrelyatsiya tahlili - bu miqdoriy o'zgaruvchilar o'rtasidagi chiziqli munosabatlarning mavjudligi va darajasini o'rganish imkonini beruvchi matematik statistika usuli.

Empirik (eksperimental) ma'lumotlar jadvali

№.	y	x_1	x_2	...	x_p
bitta	y_1	x_{11}	x_{12}	...	x_{1p}
2	y_2	x_{21}	x_{22}	...	x_{2p}
...	...	...	...	...	...
i	y_i	x_{i1}	x_{i2}	...	x_{ip}
...	...	...	...	...	...
n	y_n	x_{n1}	x_{n2}	...	x_{np}

Regressiya tahlili - bu o'rtasidagi matematik munosabatlarni tavsiflash imkonini beradigan matematik statistika usuli.

Bir xil o'zgaruvchi y (javob) va o'zaro mustaqil o'zgaruvchilar to'plami x_j (regressorlar, omillar) empirik ma'lumotlar jadvaliga muvofiq.

3. Ekonometrikada modellar turlari

1. *Bir jinsli regressiya modellari.* Bog'liqliklar omillar sonidan juftlashgan va farqlanadi bir nechta regressiya. *bug'xonasi regressiya* hisoblanadi

Juft omilli regressiya - bu ikkisi o'rtasidagi munosabat javob o'zgaruvchilari y (qaram o'zgaruvchi) va omil x (mustaqil o'zgaruvchi), ya'ni shaklning modeli

$$y = f(x) \quad (1.1)$$

Ko'p omilli regressiya - y javobi va mustaqil o'zgaruvchilar (omillar) to'plami o'rtasidagi munosabat, ya'ni shakl modeli.

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_p). \quad (1.2)$$

2. *Ko'p javobli regressiya modellari.* Ushbu modellar *bir vaqtda tenglamalar tizimi bo'lib*, ularning har biri nafaqat tushuntiruvchi o'zgaruvchilarni, balki boshqa tenglamalardan tushuntirilganlarni ham o'z ichiga olishi mumkin. tizimlari.

3. Vaqt qatorlari ko'rinishidagi modellar. Bunday modellarga trend, mavsumiylik, avtoregressiya, harakatlanuvchi o'rtacha va vaqtning boshqa funktsiyalari modellari kiradi va ular ham alohida, ham bir-biri bilan turli kombinatsiyalarda ishlatilishi mumkin.do'st.

4. Model qurish bosqichlari

Ekonometrikada modellar bir necha bosqichda quriladi.

1. *Matematik bog'liqlik postulyatsiyasi*, ya'ni regressorlar va o'rganilayotgan narsani tavsiflash uchun eng mos modelni tanlash.jarayonlar.

Birinchi bosqichning vazifalaridan biri modelga kiritiladigan omillarni tanlashdir. Ko'pgina hollarda regressorlarning optimal to'plami tadqiqot sohasidagi bilimlar asosida aniqlanadi. Avvalo, model o'rganilayotgan hodisaning o'zgarishiga sezilarli ta'sir ko'rsatadigan omillarni o'z ichiga oladi. Boshqa hollarda, har bir omilni modelga kiritishning maqsadga muvofiqligi statistik ma'lumotlardan foydalangan holda tekshiriladi.mezonlar.

Faktorlarni tanlagandan so'ng, analitik turini tanlash kerak qaram o'zgaruvchi va tanlangan omillar o'rtasidagi bog'liqliklar. Uchun tanlash mehribon matematik modellar murojaat qiling boshqacha usullari:

- grafik (bug 'xonasi uchunbog'liqliklar);
- eksperimental (bir necha turdagi modellarni qurish va ulardan eng maqbulini tanlashular);
- analitik (tahliliy tadqiqotlarning xulosalari, sifat tabiati haqidagi nazariy qonuniyatlarbog'liqliklar).

2. *Model parametrlarini baholash* , ya'ni empirik jadval asosida model parametrlarining raqamli qiymatlarini topish. ma'lumotlar.

3. *Statistik tahlilga asoslangan optimal modelni tarkibiy aniqlash*, ya'ni tuzilgan model sifatini tahlil qilish va uning eng yaxshisini izlash.tuzilmalar.

Modelning sifatini tekshirish turli statistik sifat mezonlarini qo'llash asosida amalga oshiriladi, agar model ilgari surilgan mezon-

larga javob bermasa, u holda dastlabki ma'lumotlar uchun maqbul bo'lgan yangi model tuzilmasi qidiriladi.

Nazorat uchun savollar

1. "Ekonometrika" fani nimani o'rganadi?
2. Ekonometrikada qanday vazifalar bor?
3. Ekonometrikning asosiy usullari nimalardan iborat?
4. Regressiya usuli nima tahlil qiladi?
5. Ekonometrikning asosiy turlari qanday modellardan iborat ?
6. Ekonometrik modellarni yaratishda qanday bosqichlar mavjud?
7. Matematikning postulatsiyasida nima bog'liqliklar mavjud?
8. Faktorlarni kiritish uchun qanday tanlanadi?
9. Matematik model turini tanlash uchun qanday usullar qo'llaniladi?
10. Parametrlarni baholash nimani anglatadi?
11. Optimal modelning strukturaviy identifikatsiyasi nima?

MAVZU: EKONOMETRIK MODELLARNING AXBOROT TA'MINOTI

- 1. Iqtisodiy ma'lumotlarning statistik tabiati.**
- 2. Bog'liq va bog'liq bo'lmagan o'zgaruvchilarni tanlash.**
- 3. Ekonometrik modellarni tuzishda qatnashadigan iqtisodiy ma'lumotlarga qo'yiladigan talablar.**

Hodisalar orasidagi o'zaro bog'lanishlarni o'rganish ekonometrika 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.

Omillarning har bir qiymatiga turli sharoitlarida natijaviy belgining har xil qiymatlari mos keladigan bog'lanish korrelyatsion bog'lanish yoki munosabat deyiladi. Korrelyatsion bog'lanishning xarakterli xususiyati shundan iboratki, bunda omillarning to'liq soni noma'lumdir. Shuning uchun bunday bog'lanishlar to'liqsiz hisoblanadi va ularni formulalar orqali taqriban ifodalash mumkin, xolos.

Umumiy holda qaralsa, korrelyatsion munosabatda erkin o'zgaruvchi X belgining har bir qiymatiga ($x_i, i = \overline{1...k}$) erksiz o'zgaruvchi U belgining ($y_j, j = \overline{1...s}$) taqsimoti mos keladi. O'z-o'zidan ravshanki, bu holda ikkinchi U 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 U 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.

Analitik ifodalarining ko'rinishiga qarab bog'lanishlar to'g'ri chiziqli (yoki umuman chiziqli) va egri chiziqli (yoki chiziqsiz) bo'ladi. Agar bog'lanishning tenglamasida omil belgilar ($X_1, X_2, \dots, X_K$)

$$y_x = a_0 + \sum_{i=1}^K a_i X_i$$

qatnashmasa, ya'ni ko'rinishda bo'lsa, chiziqli bog'lanish yoki xususiy holda, omil bitta bo'lganda $y=a_0+a_1x$ to'g'ri chiziqli bog'lanish deyiladi.

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

parabola $y=a_0+a_1x+a_2x^2$ yoki
$$y_x = a_0 + \sum_{i=1}^K a_i x_i + \sum_{i=1}^K b_i x_i^n \quad n = \overline{1...s}$$

giperbola $y_x = a_0 + \frac{a_1}{x}$ yoki
$$y = a_0 + \sum_{i=1}^K \frac{a_i}{x_i}$$

darajali $y_x = a_0 x^a$ yoki $y_x = a \prod_{i=1}^K x_i^{a_i}$ va boshqa ko'rinishlarda ifodalanadigan bog'lanishlar egri chiziqli (yoki chiziqsiz) bog'lanishga misol bo'la oladi.

Tavsiya etiladigan adabiyotlar

1. Shodiyev T.SH. va boshqalar. Ekonometrika. –T.: TDIU, 2007. 24-34 bet.
2. Kremer N.Sh. Ekonometrika: Uchebnik. – M.: YuNITI-DANA, 2008. 27-44 str.
3. Yeliseeva. I.I., Kurysheva S.V. i dr. Ekonometrika: Uchebnik. – M.: Finansy i statistika, 2007. 30-37 str.
4. Ishnazarov A.I., Nurullayeva Sh.T., Mo'minova M.A. "Ekonometrika" o'quv fani bo'yicha ta'lim texnologiyasi. "Iqtisodiy ta'limda o'qitish texnologiyasi" qatorsidan. –T.: TDIU, 2006. 34-58 bet.

Nazorat uchun savollar:

1. Iqtisodiy ko'rsatkichlarni qanday shakllarda namoyon etish mumkin?
2. Iqtisodiy ma'lumotlarni qayta ishlashning qanday usullarini bilasiz?
3. Talab va taklif modelida qaysi o'zgaruvchi bog'liq va qaysi o'zgaruvchi bog'liq emas?
4. Ekonometrik modellarni tuzishda qanday talablar qo'yiladi?
5. Omillar o'lchov birligini tanlashda qanday muammolarga duch kelinadi?
6. Ekonometrik modellarning qanday shakllari mavjud?
7. Ekonometrik modellarda uch va undan ortiq omillar qanasha oladimi?
8. Vaqtli qatorlar deganda nimani tushunasiz?
9. To'g'ri chiziq tenglamasining iqtisodiy mohiyatini tushuntirib bering.
10. Qaysi hollarda chiziqsiz modellar tuziladi?

MAVZU: EKONOMETRIKADA EHTIMOLLAR NAZARIYASI VA MATEMATIK STATISTIKANING ASOSIY TUSHUNCHALARI

1. Ehtimollar nazariyasi va matematik statistikaning asosiy tushunchalari.

2. To'plamlar va ularning xossalari.

3. Tasodifiy miqdorlar va ularning xarakteristikalarini hisoblash.

Bosh to'plam deb tanlanma ajratilgan obyektlar to'plamiga aytiladi.

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

To'plam birligi - kuzatish talab etiladigan element.

Belgi - to'plam birligining belgilar turlari:

- sonli;
- son bilan ifodalab bo'lmaydigan.

Arifmetik o'rtacha:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i. \quad (8)$$

Variasiya - belgining o'zgarishidir.

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

$$\begin{matrix} X_1, X_2, \dots, X_k \\ Y_1, Y_2, \dots, Y_k \end{matrix} \quad (9)$$

O'zgaruvchi belgining miqdorlari majmuasi **variasion qator** deb ataladi.

Agar variantlarni ko'payish yoki kamayish bo'yicha joylashtirsak, **tartibli variasion qatorni** tuzamiz.

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

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

$$w_i = \frac{m_i}{\sum_{i=1}^n m_i}, \quad \sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (10)$$

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

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

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

$$R = X_{\max} - X_{\min} \quad (11)$$

O'rtacha chiziqli farq (ρ):

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

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

Dispersiya (σ^2) - variantlarning arifmetik o'rtachadan farqlarining o'rtacha kvadrati.

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

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

O'rtacha kvadratik farq (σ) - belgining o'zgarishini ifodalaydi va quyidagicha hisoblanadi:

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

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

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

$$V_R = \frac{R}{\bar{X}} \cdot 100\% \quad - \text{ variasiya chegarasi bo'yicha variasiya koeffitsiyenti,}$$

ossillyasiya koeffisiyenti.

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

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

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

variant 1 4 7 9

chastota 5 1 20 6

qator uchun moda 7 ga teng.

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

$$M_e = \frac{X_k + X_{k+1}}{2}$$

Normal taqsimot deb

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}} \quad (13)$$

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

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

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

$$A_s = \frac{\mu_3}{\sigma^3} \quad (14)$$

Nazariy taqsimot ekssesi deb

$$E_k = \frac{\mu_4}{\sigma^4} - 3 \quad (15)$$

tenglik bilan aniqladigan xarakteristikaga aytiladi.

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

chiziqqa qaraganda pastroq va «yassiroq» uchga ega bo'ladi.

Avtokorrelyasiya - bu dinamik qatordagi ketma-ket qiymatlar orasidagi bog'liqlikdir.

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

Avtoregressiya xatosi qoldiq dispersiyani oddiy dispersiyaga nisbati orqali topiladi.

$$\varphi = \frac{\sum (Y - \bar{Y}_x)^2}{\sum (Y - \bar{Y})^2} \quad (16)$$

Ikkita omil orasidagi chiziqli bog'lanishda $|r| > 0.85$ bo'lsa, **kollinearlik** mavjud bo'ladi, bir necha omillar bog'lanishida **multikollinearlik** deb ataladi.

Masala. 1-jadvalda keltirilgan Qashqadaryo viloyati tumanlar markazidagi shaharchalar aholisiga komunal va maishiy xizmat ko'rsatish sohasining variasion ko'rsatkichlarini aniqlang.

1-jadval

Tumanlar markazidagi shaharchalar aholisiga komunal va maishiy xizmat ko'rsatishning variasion ko'rsatkichlari

№	Shaxar va tumanlar	Jami shahar aholisiga komunal xizmat ko'rsatish (mln. so'mda)	Jami shahar aholisiga maishiy xizmat ko'rsatish (mln. so'mda)	shahar aholisi soni ming kishi	jon boshiga to'g'ri keladigan kommunal xizmatlar (ming so'mda)	jon boshiga to'g'ri keladigan maishiy xizmatlar (ming so'mda)	variatsiya koeffitsiyenti kommunal	variatsiya koeffitsiyenti maishiy
1	G'uzor	3596,7	776,7	40	89,918	19,417	136,312	111,923
2	Dexqonobod	1037,2	442	22,6	45,894	19,558	20,614	113,45
3	Qarshi	3348	408,4	71,2	47,022	5,736	23,58	37,398
4	Koson	3389,7	896,6	117,4	28,873	7,637	24,119	16,649
5	Kamashi	2303,5	543,4	51,7	44,555	10,511	17,095	14,713
6	Kitob	1744,2	604,8	83,5	20,889	7,243	45,103	20,949
7	Kasbi	1432,5	180,8	59,8	23,955	3,023	37,044	67,003
8	Muborak	1558,4	237,2	56	27,829	4,236	26,864	53,772
9	Mirishkor	1004,6	242,9	37	27,151	6,565	28,643	28,351

10	Nishon	3078,6	718	68,3	45,075	10,512	18,461	14,73
11	Chiroqchi	1905,8	958,8	77,1	24,719	12,436	35,037	35,724
12	Shaxrisabz	7112,5	426,4	162,7	43,715	2,621	14,889	71,397
13	Yakkabog'	1721,6	660,8	68,7	25,06	9,619	34,141	4,977
	jami				494,654	119,114		
	o'rtacha				38,05	9,163		

1-jadvaldan ko'rinib turibdiki, viloyatimiz tumanlari markazidagi shaharchalar aholisiga ko'rsatiladigan kommunal va maishiy xizmatlar 2010 yilda shaharchalar aholisining jon boshiga nisbatan ko'rsatilgan kommunal xizmat o'rtasidagi kvadratik o'rtacha tafovut ko'effitsiyenti 46,69%, mutloq o'rtacha tafovut ko'effitsiyenti 33,46% hamda variasion kenglik esa 69,029 ming so'mni tashkil qilmoqda, bu ko'rsatkichni aniqlaganimizda eng yuqori kommunal xizmat ko'rsatish jon boshiga nisbatan G'uzor tuman markazi shaharchasida ko'rsatilgani aniqlandi.

2010 yil davomida kommunal xizmat ko'rsatish 3596,7 mln so'mni tashkil qilgan shaharcha aholisi 40 ming kishini tashkil qilgan. Bundan ko'rinib turibdiki, jon boshiga to'g'ri keladigan kommunal xizmat 89,918 ming so'mni tashkil qilmoqda, tuman shaharchasi aholisi soni kam bo'lsa-da, jon boshiga to'g'ri keladigan bu ko'rsatkichni boshqa tuman shaharchalariga nisbatan yuqoriligi sabablaridan biri elektr energiya ta'minoti va gaz ta'minoti ancha yuqoridir. Jon boshiga eng kam kommunal xizmat ko'rsatish viloyatimizning eng gullab yashnagan makonlaridan biri Kitob tumanidir, bu yerda 2010 yilda umumiy kommunal xizmat ko'rsatish 1744,2 mln so'mni tashkil qilgan, tuman shaharchasi aholisi 83,5ming kishini tashkil qilgan, bunda jon boshiga to'g'ri keladigan kommunal xizmat 20,889 ming so'mni tashkil qilmoqda, bu yerda aholi zich joylashganligi sababli kommunal xizmat ko'rsatishni jon boshiga hisoblaganda juda kamligi ko'rindi. Biz variasiyadan foydalanganligimizning sababi shundaki, tumanlardagi aholilarga ko'rsatiladigan kommunal xizmatlar o'rtasidagi tafovut qay darajada ekanligi, xar bir shaharchada jon boshiga ko'rsatilgan kommunal xizmatlarni o'rtachaga nisbatan qay darajada ekanligi va bu tafovutni kamaytirish yo'llarini aniqlashda

foydalanishdan iboratdir. Tuman shaharchalar aholisining jon boshiga ko'rsatiladigan maishiy xizmatni tahlil qilganimiz shuni ko'rsatdiki, kvadratik o'rtacha tafovut variyasiya koeffitsiyenti 57,2% ni, mutloq o'rtacha tafovut koeffitsiyenti 45,47% ni hamda variasion kenglik 16,94 ming so'mni tashkil qilmoqda, eng kam jon boshiga to'g'ri keladigan maishiy xizmat Shahrizabz tuman shaharchasi aholisi 162,7 ming kishi, umumiy maishiy xizmat ko'rsatish 426,4 mln. so'mni tashkil qiladi. Bundan ko'rinib turibdiki, jon boshiga ko'rsatiladigan maishiy xizmat 2,6 ming so'mni tashkil qilmoqda. Jon boshiga maishiy xizmat ko'rsatish eng yuqori hisoblangan tuman shaharchasi bu Dehqonobod tuman shaharchasidir. Bu yerda 22,6 ming aholi yashaydi, umumiy maishiy xizmat ko'satish 442 mln.so'mni tashkil qilmoqda, bu o'z navbatida jon boshiga to'g'ri keladigan maishiy xizmat 19,56 ming so'mni tashkil qilmoqda. Shu bilan bir qatorda o'rtachaga nisbatan har bir tuman shaharchasi aholi jon boshiga to'g'ri keladigan, ko'rsatiladigan maishiy xizmatlar farqini aniqlab chiqdik.

Variatsion qatorlarning statistik tavsiflanishi bo'yicha mustaqil bajarish uchun topshiriqlar

Variatsion qator uchun aniqlansin:

1. Arifmetik o'rtacha. 2.O'rtacha chiziqli farq. 3. Dispersiya. 4. O'rtacha kvadratik farq. 5. Moda. 6. Mediana. 7. Variasiya chegarasi bo'yicha variasiya koeffitsiyenti. 8. O'rtacha chiziq farq bo'yicha variasiya koeffitsiyenti. 9. Kvadratik farq bo'yicha variasiya koeffitsiyenti.

1-variant

X	20	45	48	50
Y	14	16	18	20

2-variant

X	42	45	48	50
Y	14	16	18	20

3-variant

X	42	45	48	50
Y	14	16	18	20

4-variant

X	42	45	48	50
Y	14	16	18	20

5-variant

X	42	45	48	50
Y	14	16	18	20

6-variant

X	42	45	48	50
Y	14	16	18	20

7-variant

X	42	45	48	50
Y	14	16	18	20

8-variant

X	42	45	48	50
Y	14	16	18	20

9-variant

X	42	45	48	50
Y	14	16	18	20

10-variant

X	42	45	48	50
Y	14	16	18	20

11-variant

X	42	45	48	50
Y	14	16	18	20

12-variant

X	42	45	48	50
Y	14	16	18	20

13-variant

X	42	45	48	50
Y	14	16	18	20

14-variant

X	42	45	48	50
Y	14	16	18	20

15-variant

X	42	45	48	50
Y	14	16	18	20

16-variant

Y	42	45	48	50
X	14	16	18	20

17-variant

X	42	45	48	50
Y	14	16	18	20

18-variant

X	42	45	48	50
Y	14	16	18	20

19-variant

X	42	45	48	50
Y	14	16	18	20

20-variant

X	42	45	48	50
Y	14	16	18	20

21-variant

X	42	45	48	50
Y	14	16	18	20

22-variant

X	42	45	48	50
Y	14	16	18	20

23-variant

X	42	45	48	50
Y	14	16	18	20

24-variant

X	42	45	48	50
Y	14	16	18	20

25-variant

X	42	45	48	50
Y	14	16	18	20

Tavsiya etiladigan adabiyotlar

1. Shodiyev T.Sh. va boshqalar. Ekonometrika. – T.: TDIU, 2007. 35-38 bet.
2. Fandeyeva L.N., Lebedev A.V. Teoriya veroyatnostey. Uchebnoye posobiye. – M.: Eksmo, 2010. 17-33 str.
3. Ayvazyan S.A. Prikladnaya statistika i osnovy ekonometriki.

Uchebnik. – M. YuNITI, 2007. 40-53 str.

4. Dougerti K. Vvedeniye v ekonometriku: Uchebnik. –M.: INFRA-M, 2005. 42-60 str.

5. Ishnazarov A.I., Nurullayeva Sh.T., Mo'minova M.A. "Ekonometrika" o'quv fani bo'yicha ta'lim texnologiyasi. "Iqtisodiy ta'limda o'qitish texnologiyasi" qatorsidan. –T.: TDIU, 2006. 62-74 bet.

Nazorat uchun savollar:

1. Ekonometrik modellar qachon qo'llaniladi?
2. Ekonometrik modellarni xususiyatlari nimalardan iborat?
3. Dinamik qatorlar deganda nimani tushunasiz?
4. Asosiy iqtisodiy-statistik tushunchalarni bayon qiling.
5. O'rtacha miqdorlar va o'rta chiziqli chetlanishni qanday ta'riflaysiz?
6. "Eng kichik kvadratlar usuli" ning mohiyatini tushuntirib bering.
7. Normal tenglamalar sistemasini yechish usullarini tushuntirib bering.
8. To'g'ri chiziq bo'yicha eng kichik kvadratlar usuli yordamida tenglash qanday amalga oshiriladi?
9. Korrelyasiya koeffitsiyenti nimani bildiradi va uni qanday hisoblanadi?
10. Determinasiya koeffitsiyentining iqtisodiy ma'nosi nimadan iborat va u korrelyasiya koeffitsiyenti bilan qanday bog'langan?

MAVZU: JUFT OMILLI REGRESSIYA

1. Postulyatsiya modellar
2. Tarqalishi va regressiya chizig'i
3. Chiziqli Juft omilli regressiya modelining parametrlarini baholash.
4. Korrelyasion-regression tahlilda eng kichik kvadratlar usulining qo'llanilishi.

1. Postulyatsiya modellar

*Juft omilli regressiya - o'rganilayotgan jarayon (javob) **y o'rtacha qiymatining** bitta omilga (regressor) **x** bog'liqligini tavsiflovchi matematik model:*

$$y = f(x) , \quad (2.1)$$

bu erda: **y** - bog'liq o'zgaruvchi (o'rganilayotgan jarayon, javob);
x - mustaqil o'zgaruvchi (omil, regressor).

y o'zgaruvchidagi o'zgarishlarga bitta dominant x omil ko'proq ta'sir qilsa, Juft omilli regressiya qo'llaniladi .

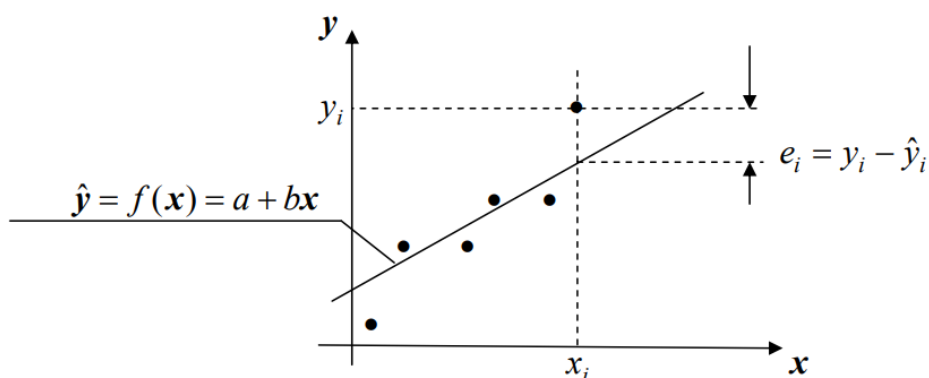
Juft omilli regressiya parametrlarini aniqlash uchun zarur bo'lgan ma'lumotlar **x** va **y o'zgaruvchilarning** *n* ta kuzatuvini o'z ichiga olgan empirik ma'lumotlar jadvali shaklida qayd etiladi .

Juftlangan regressiya uchun empirik ma'lumotlar jadvali

Nº.	y	x
1	y_1	x_1
2	y_2	x_2
...	...	...
<i>i</i>	y_i	x_i
...	...	...
<i>n</i>	y_n	x_n

Jadvalning har bir qatori bittasining natijasidir, kuzatishlar (x_i, y_i) , $i=1, 2, \dots, n$.

Barcha nuqtalarning yig'indisi grafikda *tarqalish diagrammasi ko'rinishida tasvirlangan (korrelyatsiya maydoni)* (2.1-rasm).



2. Tarqalishi va regressiya chizig'i

$y = f(x)$ diagrammada qandaydir egri chiziq bilan berilgan tarqalish. Egri chiziq qanchalik yaqinroq $y = f(x)$ tarqalish sxemasining barcha nuqtalariga yaqinlashsa, bu model boshlang'ichni qanchalik yaxshi tasvirlaydi.

Hisoblangan (model) orasidagi farqlar $y_i = f(x_i)$ va y_i qiymatlari kuzatildi.

$$e_i = y_i - \hat{y}_i \quad (2.2)$$

Qoldiq qiymatlari deyiladi.

Eng yaxshi model e_i qoldiqlar mavjud bo'lgan modelning minimal qiymatidir.

y o'zgaruvchining kuzatilgan qiymatlarini yozish mumkin:

$$y = f(x) + e, \quad (2.3)$$

$f(x)$ -bu y o'zgaruvchisi qiymatining izohlangan qismidir faktor x , ikkinchi had e - tushuntirilmagan qismdir y o'zgaruvchining qiymatlari (xato, tasodifiy o'zgaruvchi, og'ish)

e komponentining mavjudligi y o'zgaruvchisiga ta'sir qilish bilan bog'liq boshqa qo'shimcha omillar, $f(x)$ funktsional bog'liqligini noto'g'ri tanlash, o'lchash xatolar, dastlabki ma'lumotlarning selektiv tabiati.

Matematik model turini tanlash uchun $f(x)$ quyidagi usullar ishlatiladi

- grafik (model ko'rinishi asosida aniqlanadi, tarqalish diagrammasidagi nuqtalarning joylashishini tahlil qilish);

- eksperimental (bir nechta raqobatdoshlarni qurish modellar va ularning eng yaxshisini sifat mezonlari bo'yicha tanlash);
- analitik (o'rganilayotgan narsaning sifat tahlili asosida).

Har xil elementar funktsiyalar grafiklarining tipik shakllarini bilish, tarqalish diagrammasining vizual tahliliga ko'ra (2.1-rasm), siz mumkin regressiya egri chizig'ining $f(x)$ matematik shaklini tanlang.

3. Chiziqli Juft omilli regressiya modelining parametrlarini baholash.

Regressiya modellarining parametrlarini baholash uchun biz foydalanamiz eng kichik kvadrat usuli.

Eng kichik kvadratlar usulining mohiyati: model parametrlari $f(x)$ kvadrat og'ishlar yig'indisi minimal bo'lishi kerak. $S = \sum_{i=1}^n e_i^2$ S funksiyaning shartsiz ekstremumini topish talab qilinadi.

Buning uchun juft chiziqli regressiya modeli (2.4) sifatidayoziladi

$$y_i = a + bx_i + e_i.$$

U holda S funksiyaning quyidagicha yozish mumkin

$$S = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i)^2.$$

S funksiyaning ekstremumi uchun zarur shartlar:

$$\begin{cases} \frac{\partial S}{\partial a} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i) = 0 \\ \frac{\partial S}{\partial b} = -2 \sum_{i=1}^n x_i (y_i - a - bx_i) = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i) = 0 \\ \sum_{i=1}^n x_i (y_i - a - bx_i) = 0 \end{cases}$$

Qavslarni ochgandan so'ng, oddiy tenglamalar olinadi :

$$\begin{cases} a \cdot n + b \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n y_i \\ a \sum_{i=1}^n x_i + b \sum_{i=1}^n x_i^2 = \sum_{i=1}^n x_i y_i \end{cases} \quad (2.5)$$

Olingan tizimni yechib, biz ekstremum nuqtani olamiz:

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \cdot \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}, a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i - b \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (2.6)$$

yoki

$$b = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\overline{x^2} - (\bar{x})^2}, a = \bar{y} - b\bar{x}, \quad (2.7)$$

Quyidagi

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \text{ o'zgaruvchining o'rtacha qiymati } x, \quad \bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$$

$$\text{o'zgaruvchining o'rtacha qiymati } y, \quad \overline{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i \cdot y_i)}{n}, \quad \overline{x^2} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n}$$

Mustaqil o'zgaruvchi x bo'lgan b koeffitsienti x omilining qiymati birga o'zgarganda, javob qiymati y o'rtacha qanchalik o'zgarishini tavsiflaydi. Agar x omil vaqtni ifodalasa, u holda erkin koeffitsient a y jarayonning vaqtning boshlang'ich momentidagi qiymatini ko'rsatadi. Boshqa hollarda a koeffitsienti bo'lmasligi mumkintalqin.

- 1) *logarifm*;
- 2) *almashtirish o'zgaruvchilar*;
- 3) *quvvatlanish*.

O'zgaruvchilar transformatsiyasidan va empirik ma'lumotlarning yangi jadvali shakllantirilgandan so'ng, chiziqli bo'lmagan modellarning parametrlarini baholash uchun eng kichik kvadratlar usuli qo'llaniladi.

4. Korrelyasion-regression tahlilda eng kichik kvadratlar usulining qo'llanilishi.

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

Omillarning uzaro bog'lanishi 2 turga bo'linadi: funksional bog'lanish va korrelyasion 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 anik bitta qiymati mos keladi.

Korrelyasion tahlil korrelyasiya koeffitsiyentlarini aniqlash va ularning muhimligini, ishonchliligini baholashga asoslanadi.

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.

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

$0,2 \div 0,4$ – o'rtacha zichlikdan kuchsizroq bog'lanish;

$0,4 \div 0,6$ – o'rtacha bog'lanish;

$0,6 \div 0,8$ – o'rtachadan zichroq bog'lanish;

$0,8 \div 0,99$ – zich bog'lanish.

Ijtimoiy-iqtisodiy jarayonlar o'rtasida 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 –

$$\log y = a_0 + a_1x$$

Yarim logarifmik –

$$y = a_0 + a_1 \ln x$$

Ko'rsatkichli funksiya –

$$y = a_0 a_1^x$$

Darajali funksiya –

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

Logistik funksiya –

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

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

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

bu yerda, σ_x va σ_y mos ravishda x va y o'zgaruvchilarning o'rtacha kvadratik chetlanishidir va ular quyidagi formulalar yordamida hisoblanadi:

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

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

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

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

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

Regression tahlil natijaviy belgiga ta'sir etuvchi belgilarning samaradorligini amaliy jihatdan yetarli darajada aniqlik bilan baholash imkonini beradi. Regression tahlil yordamida ijtimoiy-iqtisodiy jarayonlarning kelgusi davrlar uchun bashorat qiymatlarini baholash va ularning ehtimol chegaralarini aniqlash mumkin.

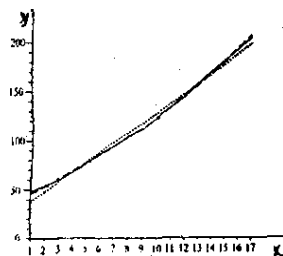
Regression va korrelyasion tahlilda bog'lanishning regressiya tenglamasi aniqlanadi va u ma'lum ehtimol (ishonchlilik darajasi) bilan baholanadi, so'ngra iqtisodiy-statistik tahlil qilinadi.

Masala. Korxonada ishlab chiqarishda mehnat unumdorligi va ishlarni avtomatlashtirish koeffitsienti orasidagi bog'lanish aniqlansin.

Korxona №	Ish avtomatlashtirish koefitsienti	Mehnat unumdorligi
1	13	12
2	15	13,5
3	17	14,5
4	19	16,2
5	21	17

Tajriba natijalarini koordinata tekisligida joylashtirib, nuqtalarning joylashishiga qarab funksiya ko'rinishini tanlaymiz.

Bu ikki belgi orasidagi bog'liqlikni chiziqli va parabolic ko'rinishida qaraymiz.



a)

№	Ish avto Koefitsienti	Mehnat unumdorligi	X_i^2	X_i^3	X_i^4	$X_i Y_i$	$X_i^2 \cdot Y_i$
1	13	12	169	2197	28561	156	2028
2	15	13,5	225	3375	50625	203,3	3048,7
3	17	14,5	289	4913	93521	247,5	4207,8
4	19	16,2	361	6859	11032	307,8	5848,2
5	21	17	441	9267	194481	357	7497
	85	73,3	1485	6859	487509	1271,57	43231,58

$y = ax + b$ chiziqli regressiya funksiyasi.

$$\begin{cases} a \sum X_i^2 + b \sum X_i = \sum X_i Y_i \\ a \sum X_i + nb = \sum Y_i \end{cases}$$

$$\begin{cases} 1485a + 85b = 1271,57 \\ 85a + 5b = 73,3 \end{cases}$$

Sistemani yechib $a = 0,6$ $b = 4,5$ qiymatlarini topib olamiz

$y = 0,6x + 4,5$. Chiziqli korrelyatsiya koefitsienti.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n X_i Y_i - \left(\sum_{i=1}^n X_i \right) \cdot \left(\sum_{i=1}^n Y_i \right) : n}{\sqrt{\left(\sum_{i=1}^n X_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n X_i \right)^2 : n \right) \left(\sum_{i=1}^n Y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n Y_i \right)^2 : n \right)}}$$

$r = 0,95$ d $= (r)^2 = 0,90$ determentinatsiya koefitsieuti y ning o'zgarishini 90% x – ning o'zgarishiga bog'liq ekanligini bildiradi.

b) $y = ax^2 + bx + c$ ko'rinishdagi bog'liqlikni aniqlaymiz.

$$\begin{cases} a \sum_{i=1}^n X_i^4 + b \sum_{i=1}^n X_i^3 + c \sum_{i=1}^n X_i^2 = \sum_{i=1}^n X_i^2 y \\ a \sum_{i=1}^n X_i^3 + b \sum_{i=1}^n X_i^2 + c \sum_{i=1}^n X_i = \sum_{i=1}^n X_i Y_i \\ a \sum_{i=1}^n X_i^2 + b \sum_{i=1}^n X_i + nC = \sum_{i=1}^n Y_i \end{cases}$$

Jadvalda hisoblab qo'ygan qiymatlaridan foydalanamiz

$$\begin{cases} 487509a + 26608b + 1485c = 4323158 \\ 26608a + 1485b + 85c = 1271,57 \\ 1485a + 85b + 5c = 73,31 \end{cases}$$

$$a = 1,041, b = -35,478, c = 299,501$$

$$y = 1,041x^2 - 35,478x + 299,501$$

Taqqoslash natijasida chiziqli funksiya jarayonni yaxshi aks etdirishini aniqlashimiz mumkin.

Mustaqil bajarish uchun vazifalar:

1-Variant

YIL	1995 y.	1996 y.	1997 y.	1998 y.	1999 y.	2000 y.	2001 y.
Y	479,7	489,7	503,8	524,9	542,3	580,8	616,3
X	99,7	100,9	102,5	103,5	104,6	108,8	113,7

2-Variant

Yil	1995 y.	1996 y.	1997 y.	1998 y.	1999 y.	2000 y.	2001 y.
Y	722,5	751,6	779,2	810,3	865,3	858,4	875,8
X	125,9	129,4	130,0	132,4	129,4	128,1	132,3

3-Variant

Yil	1995 y.	1996 y.	1997 y.	1998 y.	1999 y.	2000 y.	2001 y.
Y	722,5	751,6	779,2	810,3	865,3	858,4	875,8
X	125,9	129,4	130,0	132,4	129,4	128,1	132,3

4-Variant

Yil	2009 y.	2010 y.	2011 y.	2012 y.	2013 y.	2014 y.	2015 y.
Y	1095,4	1106,3	1125,6	1136,4	1148,3	1157,3	1162,1
X	161,2	164,1	168,2	171,4	171,2	175,4	175,6

5-Variant

Yil	2009 y.	2010 y.	2011 y.	2012 y.	2013 y.	2014 y.	2015 y.
Y	124,4	181	399,9	550,1	891,5	1387,2	2104,8
X	47,9	50,4	59,9	66,4	81,3	102,8	134,0

6-Variant

Yil	2012 y.	2013 y.	2014 y.	2015 y.	2016 y.	2017 y.	2018 y.
Y	550,1	891,5	1387,2	2104,8	1161,4	1165,4	1167,6
X	66,4	81,3	102,8	134,0	176,2	178,6	181,8

7-Variant

Yil	1995 y.	1996 y.	1997 y.	1998 y.	1999 y.	2000 y.	2001 y.
Y	3255,3	4083,3	4615,8	5978,3	7538,8	9304,9	11310,7
X	184,0	220,0	243,2	302,4	370,3	447,1	534,3

8-Variant

Yil	2000 y.	2001 y.	2002 y.	2003 y.	2004 y.	2005 y.	2006 y.
Y	11310,7	13628,6	16774,7	21422,3	27164,2	34201,4	39737,3
X	534,3	635,0	771,8	973,9	1223,6	1529,5	1770,2

9-Variant

Yil	2007 y.	2008 y.	2009 y.	2010 y.	2011 y.	2012 y.	2013 y.
Y	40,5	83,6	143,5	223,3	296,7	388,4	571
X	15,9	17,5	19,8	22,9	25,7	29,2	36,3

10-Variant

Yil	2014 y.	2015 y.	2016 y.	2017 y.	2018 y.	2019 y.	2020 y.
Y	571	731,0	831,1	1122,0	1453,1	1938,4	2733,5
X	36,3	42,4	46,3	57,5	70,2	88,9	119,4

11-Variant

Yil	1990 y.	1991 y.	1992 y.	1993 y.	1994 y.	1995 y.	1996 y.
Y	3576,0	7067,4	8246,0	9504,8	11754,0	15219,3	20060,4
X	151,8	286,1	331,5	379,9	466,4	599,7	785,9

12-Variant

Yil	1997 y.	1998 y.	1999 y.	2000 y.	2001 y.	2002 y.	2003 y.
Y	188,9	352,1	640,7	910,6	1418,2	2097,4	3172,2
X	344,7	383,2	450,8	514,2	633,3	792,7	1045,0

13-Variant

Yil	2004 y.	2005 y.	2006 y.	2007 y.	2008 y.	2009 y.	2010 y.
Y	3172,2	4497,7	5238,1	6030,9	7205,9	9647,9	12612,9
X	1045,0	1356,2	1530,0	1716,1	1991,9	2565,2	3261,2

14-Variant

Yil	2010 y.	2011 y.	2012 y.	2013 y.	2014 y.	2015 y.	2016 y.
Y	17309,4	22919,6	29730,8	39059,9	50560,5	65009,8	80529,0
X	4363,6	5680,6	7279,5	9469,4	12169,1	15560,9	19203,9

15-Variant

Yil	2012 y.	2013 y.	2014 y.	2015 y.	2016 y.	2017 y.	2018 y.
Y	233,6	419,1	607,8	957,8	1296,8	1888,9	2830,9
X	326,9	364,0	401,8	471,8	539,6	658,0	846,4

16-Variant

Yil	2007 y.	2008 y.	2009 y.	2010 y.	2011 y.	2012 y.	2013 y.
Y	23848,0	28387,3	34499,1	42158,8	51059,3	64354,7	75194,2
X	5049,8	5957,7	7180,0	8712,0	10492,1	13151,1	15319,0

17-Variant

Yil	2014 y.	2015 y.	2016 y.	2017 y.	2018 y.	2019 y.	2020 y.
Y	1,6	3,2	5,5	8,6	11,4	14,9	22,0
X	5,4	7,9	17,4	23,9	38,8	60,3	91,5

19-Variant

Yil	1990 y.	1991 y.	1992 y.	1993 y.	1994 y.	1995 y.	1996 y.
Y	22,0	28,1	32,0	43,2	55,9	74,6	105,1
X	91,5	141,5	177,5	200,7	259,9	327,8	404,6

20-Variant

Yil	1992 y.	1993 y.	1994 y.	1995 y.	1996 y.	1997 y.	1998 y.
Y	44,3	82,8	150,4	213,8	332,9	492,3	744,6
X	46,7	83,8	121,6	191,6	259,4	377,8	566,2

21-Variant

Yil	1994 y.	1995 y.	1996 y.	1997 y.	1998 y.	1999 y.	2000 y.
Y	137,5	271,8	317,2	365,6	452,1	585,4	771,6
X	491,8	592,5	729,3	931,4	1181,1	1487,0	1727,7

22-Variant

Yil	1996 y.	1997 y.	1998 y.	1999 y.	2000 y.	2001 y.	2002 y.
Y	2960,8	4063,2	5380,2	6979,1	9169,0	11868,7	15260,5
X	3689,5	4769,6	5677,5	6899,8	8431,8	10211,9	12870,9

23-Variant

Yil	1998 y.	1999 y.	2000 y.	2001 y.	2002 y.	2003 y.	2004 y.
Y	744,6	1055,8	1229,6	1415,7	1691,5	2264,8	2960,8
X	566,2	898,8	1225,5	1624,6	2205,7	2928,1	3689,5

24-Variant

Yil	1990 y.	1991 y.	1992 y.	1993 y.	1994 y.	1995 y.	1996 y.
Y	3576,0	7067,4	8246,0	9504,8	11754,0	15219,3	20060,4
X	151,8	286,1	331,5	379,9	466,4	599,7	785,9

25-Variant

Yil	1997 y.	1998 y.	1999 y.	2000 y.	2001 y.	2002 y.	2003 y.
Y	188,9	352,1	640,7	910,6	1418,2	2097,4	3172,2
X	344,7	383,2	450,8	514,2	633,3	792,7	1045,0

Ishning bajarish tartibi.

1. Eksperiment natijalaridan foydalanib, regressiya «*egri*» chizig'ini chizing.
 2. Regressiya «*egri*» chizig'i ko'rinishiga qarab, bog'liqlik tenglamasini tanlang ($u = kx$).
 3. Eksperiment qiymatlarini hisoblash dasturiga kiriting va $y = ax + b$ tenglama koefitsientlarini qiymatini hisoblang.
 4. Koordinata sistemasida $y = ax + b$ chizig'ini o'tkazib, uni regressiya egri chizig'i bilan solishtirib, matematik modelning adekvatligiga baho bering.
 5. Yuqoridagi eksperimental qiymatlardan foydalanib, $y = ax^2 + bx + c$ tenglama koefitsientlarini hisoblang.
 6. Ikki tenglamadan qaysi biri chiqish parametrining (y) kirish parametridan (x) bog'liqligini aniqroq ifodalashiga tushuntirish bering.
- Bajarilgan ish bo'yicha hisobot tayyorlang.

Tavsiya etiladigan adabiyotlar

1. Shodiyev T.Sh. va boshqalar. Ekonometrika. – T.: TDIU, 2007. 59-68 bet.
2. Babeshko L.O. Основы эконометрического моделирования: Учебное пособие. – М.: КомКнига, 2010. 57-66 str.
3. Kremer N.Sh. Ekonometrika: Uchebnik. – М.: YuNITI-DANA, 2008. 57-70 str.
4. Ishnazarov A.I., Nurullayeva Sh.T., Mo'minova M.A. "Ekonometrika" o'quv fani bo'yicha ta'lim texnologiyasi. "Iqtisodiy ta'limda o'qitish texnologiyasi" qatorsidan. – T.: TDIU, 2006. 100-109 bet.

Nazorat uchun savollar:

1. Korrelyasion-regression tahlilning maqsadlari nimalardan iborat?
2. Juft, xususiy va ko'plikdagi korrelyasiya koefitsientlarining farqi nimadan iborat?
3. Qaysi hollarda korrelyasiya indeksi qo'llaniladi?

4. Regressiya koeffitsiyentlarining iqtisodiy mohiyati nimadan iborat?
5. “Eng kichik kvadratlar usuli” ning mohiyatini tushuntirib bering.
6. Normal tenglamalar tenglamasini yechish usullarini tushuntirib bering.
7. Real iqtisodiy jarayonlar bo'yicha turli xildagi bog'lanishlarga 10 ta misol tuzing.

MAVZU: KO'P OMILLI REGRESSIYA

Model postulyatsiyasi Ko'p omilli regressiya - bu o'rtacha javob qiymati y bir necha omillarga bog'liqligini tavsiflovchi modeli.

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_p), \quad (1)$$

Mustaqil o'zgaruvchilar (regressorlar, omillar), p - modeldagi regressorlar soni. Ko'p omilli regressiya modeli qachon ishlatiladi tadqiqotga sezilarli ta'sir ko'rsatadigan ko'plab omillardan fikrlash jarayonida bitta dominant omilni ajratib bo'lmaydi va bir qancha omillar ta'sirini hisobga olish maqsadga muvofiqdir.

Bir nechta parametrlarni aniqlash uchun zarur bo'lgan ma'lumotlar regressiya, empirik ma'lumotlar jadvali shaklida yoziladi, o'zgaruvchilarning n ta kuzatuvini o'z ichiga oladi. **$x_1, x_2, \dots, x_p$ va e .**

Nº	y	x_1	x_2	...	x_p
1	y_1	x_{11}	x_{12}	...	x_{1p}
2	y_2	x_{21}	x_{22}	...	x_{2p}
...	...	...	...	...	...
i	y_i	x_{i1}	x_{i2}	...	x_{ip}
...	...	...	...	...	...
n	y_n	x_{n1}	x_{n2}	...	x_{np}

Ko'p omilli regressiya empirik ma'lumotlar jadvalibu erda y - bog'liq o'zgaruvchi (o'rganilayotgan jarayon, javob);

$$x_1, x_2, \dots, x_p$$

Ko'p boshqaruv modeliga kiritiladigan regressorlarni tanlash tahrirlar, eng avvalo, tadqiqotchining bilimlari asosida amalga oshiriladi bog'liq o'zgaruvchining boshqa jarayonlar bilan aloqasi haqida.

Bunday holda, regressiya modeliga kiritilgan omillar:

1) o'zaro bog'liq bo'lmagan;

2) javob o'zgarishiga sezilarli ta'sir qiladi. U ko'p nazorat modeliga kiritiladigan regressorlarni tanlash Tahrirlar, eng avvalo, tadqiqotchining bilimlari asosida amalga oshiriladi.

Modelning postulyatsiya bosqichi omillarning yuqori o'zaro bog'liqligi deyiladi.

Multikollinearlikni aniqlash uchun juftlik matritsasi tuziladi.

korrelyatsiya koeffitsientlari $r_{x_i x_j}$ omillar orasida

$$R = \begin{pmatrix} r_{x_1 x_1} & r_{x_1 x_2} & r_{x_1 x_p} \\ r_{x_2 x_1} & r_{x_2 x_2} & r_{x_2 x_p} \\ \dots & \dots & \dots \\ r_{x_p x_1} & r_{x_p x_2} & r_{x_p x_p} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & r_{x_1 x_2} & \dots r_{x_1 x_p} \\ r_{x_2 x_1} & 1 & \dots r_{x_2 x_p} \\ \dots & \dots & \dots \\ r_{x_p x_1} & r_{x_p x_2} & \dots 1 \end{pmatrix}.$$

Agar juft korrelyatsiya koeffitsientlari matritsasi qiyamatlar mavjud bo'lsa, koeffitsientlar $r_{x_i x_j} \geq 0,8$, keyin multikollinearlik hisobga olinadi. x_i va x_j o'zgaruvchilari kollinear deyiladi. Bunday holda, kollinear omillarning har bir juftidan biri bo'lishi kerak va modeldan olib tashlanadi. Bu juftlikdan omilni chiqarib tashlash boshqa omillar bilan kuchli bog'langan va eng kam darajada javobi bilan bog'liq.

Omillarning ikkinchi talabga muvofiqligi amalga oshiriladi. Bu tuzilgan model sifatini tahlil qilish bosqichi. Modelga kiritishda u bog'liq o'zgaruvchining o'zgarishiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Bu Styudent mezonini asosida tekshiriladi.

Kiritish uchun omil o'zgaruvchilarni tanlashda ko'p omilli regressiya modelida printsip asosida boshqariladi. Modelga kiritilgan omillar soni dastlabki kuzatishlar hajmidan 5-15 marta kamroq bo'lishi kerak.

Ko'plik korrelyasiyasi tasodifiy ko'rsatkichlar guruhi o'rtasidagi bog'lanishlarni o'rganadi. Iqtisodiy tahlilda ko'plik korrelyasiya usulini qo'llanilishi hisoblash texnikasi yaratilganidan so'ng kengaydi va qisqa muddatda katta yutuqlarga erishildi, ham iqtisodiy, ham matematika fanlarini rivojlanishiga o'z ulushini qo'shdi.

Ko'plik (ko'p omilli) korrelyasiya usuli murakkab jarayonlarni tahlil qilishning asosiy usullaridan biri hisoblanadi. Bu usul murakkab jarayonlarda ro'y berayotgan alohida hodisalarni modellashtirish va bashorat qilish imkonini beradi. Ko'p omilli korrelyasiya usulidan foydalanish quyidagi tartibda amalga oshiriladi.

1. Kuzatishlar asosida to'plangan katta mikdordagi dastlabki ma'lumotlarni qayta ishlash asosida bir argumentning o'zgarishida funksiya qiymatini o'zgarishini qolgan argumentlar qiymati belgilangan sharoitda aniqlanadi.

2. Qiziqtirayotgan bog'lanishga boshqa omillarni ta'sirini (o'zgartirish) darajasi aniqlanadi.

Korrelyasiya tahlili usullarini qo'llayotgan izlanuvchilar oldida turadigan asosiy muammolar bo'lib quyidagilar hisoblanadi:

- funksiya ko'rinishini (turini) aniqlash;
- omillar-argumentlarni ajratish;
- jarayonlarni to'g'ri baholash uchun zarur bo'lgan kuzatishlar sonini aniqlash.

Funksiyaning ko'rinishini tanlashning qandaydir aniq ishlab chiqilgan uslubiy ko'rsatmalari bo'lamasa ham, har bir izlanuvchi bu muammoni turlicha hal qiladi. Matematika fani berilgan qiymatning har qanday sohasi uchun cheklanmagan miqdorda funksiyalarni keltirishi mumkinligini hisobga olib, ko'p izlanuvchilar funksiya ko'rinishini tanlash inson imkoniyatlari chegarasidan tashqarida deb hisoblashadi. Shuning uchun funksiya ko'rinishini sof empirik asosda tanlash zarur va keyinchalik uni o'rganilayotgan jarayonga to'g'ri kelishi (adekvatligi) tekshiriladi va qabul qilish yoki qilmaslik haqida qaror qabul qilinadi.

Omillar o'rtasida bog'lanish shaklini tanlashning uchta usuli mavjud:

- empirik usul;
- oldingi tadqiqotlar tajribasi usuli;
- mantiqiy tahlil usuli.

Analitik funksiya turini regressiyaning empirik grafigi bo'yicha aniqlash mumkin. Lekin mazkur grafik usulni faqat juft bog'lanish hollarida hamda kuzatishlar soni nisbatan ko'p bo'lganda muvaffaqiyatli qo'llash mumkin.

Bog'liqlik shaklini tanlash usuli

U ikki bosqichda bajariladi.

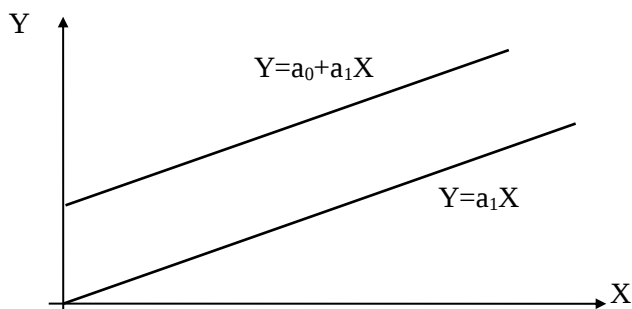
- 1) Eng ma'qul bo'lgan funktsiyani tanlaymiz.
- 2) Tanlangan funktsiyaning parametrlarini hisoblaymiz.

Funksiya turi:

1) Chiziqli

$$Y = a_1 X$$

$$Y = a_0 + a_1 X$$

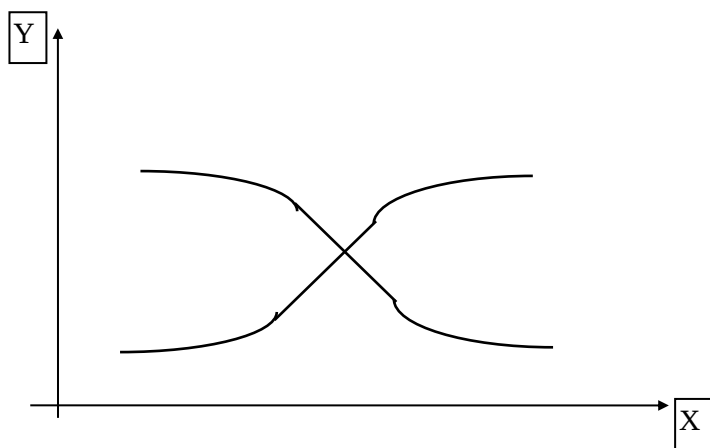


2) Ikkinchi darajali parabola:

$$Y = a_2 X^2$$

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

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

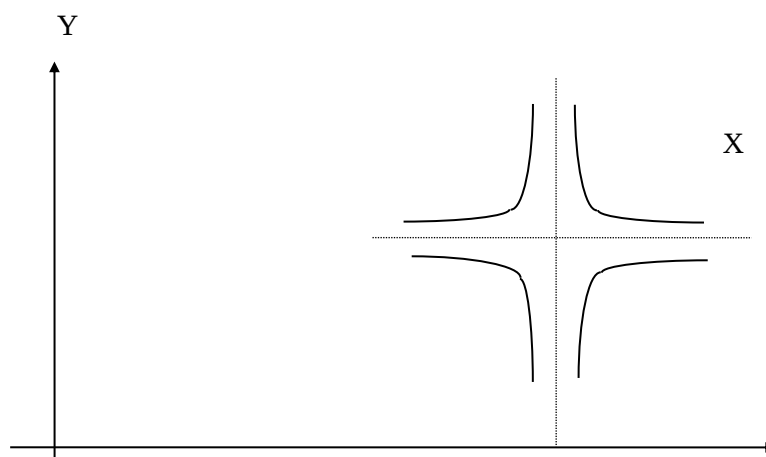


3) Giperbola

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

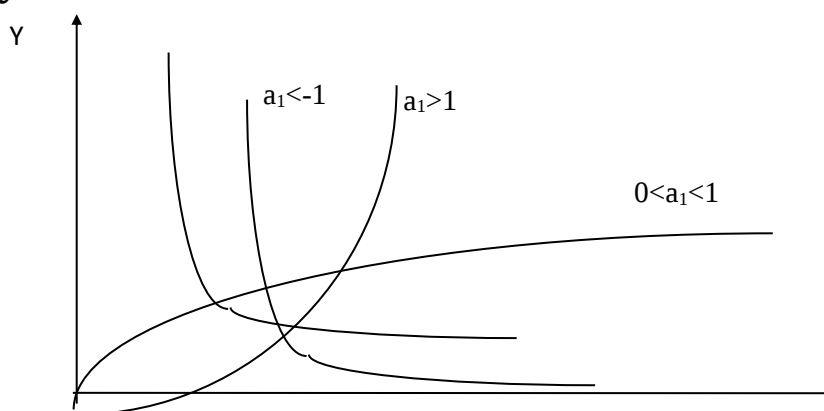
$$Y - b = \frac{C}{X - a}$$

$$Y = C/X$$



4) Darajali funksiya

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



Eng kichik kvadratlar usuli hisoblash metodikasi.

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

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

Misol: $Y_t = a_0 + a_1 t$

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

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

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

Normal tenglamalar tizimi.

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

Demak

$$\bar{Y} = a_0 + a_1 x + a_1 x^2 + \dots + a_n x^n$$

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

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

$$\dots\dots\dots$$

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

Chizikli funksiya bo'yicha tekislanganda

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

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

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

Bundan

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

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

Iqtisodiy qatorlar dinamikasi tendensiyasini aniqlash vaqtida ko'pchilik hollarda turli darajadagi polinomlar:

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

va eksponensial funksiyalar qo'llaniladi:

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

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

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

Tenglashtirish parametrlari **bevosita eng kichik kvadratlar usuli** yordamida baholanadi. Eksponensial funksiya parametrlarini

baholash uchun esa boshlang'ich qatorlar qiymatini logarifmlamoq lozim.

Normal tenglamalar tizimi quyidagicha bo'ladi:

a) k tartibli polinom uchun:

[illegible]

b) eksponensial funksiya uchun:

$$\left\{ \begin{array}{l} na_0 + a_1 \sum t + a_2 \sum t^2 + \dots + a_k \sum t^k = \sum \ln y \\ a_0 \sum t + a_1 \sum t^2 + a_2 \sum t^3 + \dots + a_k \sum t^{k+1} = \sum t \ln y \\ \dots\dots\dots \\ a_0 \sum t^k + a_1 \sum t^{k+1} + a_2 \sum t^{k+2} + \dots + a_k \sum t^{2k} = \sum t^k \ln y \end{array} \right.$$

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

$$y_t = a_0 a_1^t$$

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

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

Regressiya tenglamasini koeffitsientlarini mohiyatlik darajasini tekshirish uchun, Styudent mezonini yordamida quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$t_{xak} = \frac{a_i}{S_{ai}} \quad \text{bu yerda}$$

$$S_{ai} = \sqrt{\frac{\sum (y_{xuc} - h_{xak})^2}{(n-2) * \sum (x - \bar{x})^2}}$$

Har bir parametr ga mos kelgan $t_{\alpha\kappa}$ qiymatlari hisoblanadi va kabul qilingan mohiyatli darajali α ga mos kelgan nazorat qiymati bilan takkoslab quriladi. Mezonning nazorat qiymati ($t_{\kappa\alpha\delta}$) Styudent taksimotining jadvalidan aniqlanadi.

Agar biror parametr uchun $t_{\text{hak}} \geq t_{\text{kad}}$ bo'lsa, u holda bu parametr kabul qilingan daraja bilan mohiyatli hisoblanadi. Ijtimoiy-iqtisodiy tekshirishlarda mohiyatlilik darajasi uchun 0,05 olinadi. ya'ni $\alpha = 0,05$ qursatkichlarning mohiyatli bo'lish ehtimoli;

$$P = 1 - \alpha \text{ ga teng.}$$

Styudent taksimotining jadvaliga ko'ra ozod ko'rsatkichning soni $(n - 2)$ ga teng.

Regressiya tenglamasini tahlil qilishda elastik koeffitsiyentlaridan foydalaniladi. Bu koeffitsiyent (ϑ) omil belgining o'rtacha necha foiz o'zgarishini ifodalaydi;

$$\vartheta = a_1 * \frac{\bar{x}}{\bar{y}} \quad \backslash$$

bu yerda

$$a_1 = \vartheta * \frac{\bar{y}}{\bar{x}}$$

Agar natijaviy va omil belgilarining qo'shimcha o'sish sur'atlari bir xilda bo'lsa, u holda elastik koeffitsiyenti birga teng bo'ladi ($\vartheta = 1$).

Agar omil belgining qo'shimcha o'sish sur'ati natijaviy belgining ko'shimcha o'sish sur'atidan yuqori bo'lsa, u holda bu koeffitsiyent birdan kichik bo'ladi ($\vartheta < 1$) va aksincha ($\vartheta > 1$).

Faqat bog'lanishning ko'rsatkichli $y = a_0 x^{a_1}$ ifodasi uchun elastiklik koeffitsiyenti o'zgarmas miqdor bo'ladi, ya'ni $\vartheta = a_1$.

Ko'p chiziqli tenglamaning parametrlarini hisoblang (3.6) formula bo'yicha regressiya, bu erda X matritsasi va Y vektori shaklga ega

$$X = \begin{pmatrix} 1 & 60 & 3 \\ 1 & 45 & 2 \\ 1 & 80 & 3 \\ 1 & 54 & 3 \\ 1 & 35 & 1 \\ 1 & 28 & 1 \\ 1 & 58 & 3 \\ 1 & 42 & 2 \end{pmatrix}, Y = \begin{pmatrix} 1,7 \\ 1,5 \\ 2,2 \\ 1,8 \\ 1,3 \\ 1,1 \\ 1,6 \\ 1,5 \end{pmatrix}$$

Keyin parametr vektori o'xshash bo'ladi

$$B = (X^T X)^{-1} X^T Y = \begin{pmatrix} 0,6071 \\ 0,0196 \\ -0,0011 \end{pmatrix}$$

Shuning uchun, ko'p chiziqli regressiya tenglamasi shaklga ega.

$$y = 0,6071 + 0,0196 \cdot x_1 - 0,0011 \cdot x_2.$$

2) Dispersiyani tahlil qilish jadvalini tuzamiz.

Buning uchun birinchi navbatda kuzatilgan y_i va bashorat qilingan $\hat{y}_i$ javob qiymatlari va qoldiqlari $e_i = y_i - \hat{y}_i$ jadvalini tuzamiz.

No	1	2	3	4	5	6	7	8
y_i	1.7	1.5	2.2	1.8	1.3	1.1	1.6	1.5
$\hat{y}_i$	1.780	1.487	2.172	1.662	1.292	1.155	1.741	1.428
e_i	- 0,080	0,013	0,028	0,138	0,008	- 0,055	- 0,141	0,072

SS yordamida kvadratlarning umumiy yig'indisining qiymatini hisoblang

Formula,

$$SS = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 = \sum_{i=1}^n y_i^2 - n \cdot (\bar{y})^2 = 20,930 - 8 \cdot (1,588)^2 = 0,756.$$

Kvadratlarning qoldiq yig'indisining qiymatini hisoblang:

$$SS_e = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 = \sum_{i=1}^n e_i^2 = 0,054$$

Dispersiyani tahlil qilishning asosiy o'ziga xosligidan biz hisoblaymiz regressiya tufayli kvadratlar yig'indisi:

$$SS_R = SS - SS_e = 0,756 - 0,054 = 0,702.$$

Regressiya modelida ikkita omil x_1 va x_2 mavjud, shuning uchun erkinlik darajasi $v_R = p = 2$.

Kvadratlarning qoldiq yig'indisi uchun darajalar soni

$$v_e = n - p - 1 = 5$$

Umumiy dispersiya uchun quvvatlar soni ($n - 1 = 8 - 1 = 7$) ga teng.

O'rtacha kvadratlar kvadratlar yig'indisining nisbati sifatida baholanadi

mos keladigan erkinlik darajalari soniga:

$$MS_R = \frac{SS_R}{v_R} = \frac{0,702}{2} = 0,351,$$

$$MS_e = \frac{SS_e}{v_e} = S^2 = \frac{0,054}{5} = 0,011.$$

Fisherning F-mezonining haqiqiy qiymati:

$$F_{fakt} = \frac{MS_R}{S^2} = \frac{0,351}{0,011} = 31,909.$$

Hisoblangan qiymatlar bilan jadvalini to'ldiring.

Dispersiya jadvalini tahlil qilish

Variatsiya (variant) y	Daraja erkinlik	kvadratlar	O'rtacha kvadrat	F
faktorial	2	0,702	0,351	31.909
Qoldiq	5	0,054	0,011	
Bajarildi	7	0,756	-	

Keling, Fisher mezoni bo'yicha modelning sifatini baholaylik.

F -Fisher statistikasining jadvalli qiymati $\alpha = 0,05$ (2-ilova):

$$F_{yorlig'i}(\alpha, p, n - p - 1) = F_{yorlig'i}(0,05; 2; 5) = 5,79.$$

F ning haqiqiy va jadval qiymatlarini solishtirganda - statistik tiki bo'lib chiqdi

Keling, Fisher mezoni bo'yicha modelning sifatini baholaylik.

Fisher F -statistikasining ahamiyatlilik darajasidagi jadval qiymati $\alpha = 0,05$ (2-ilova):

$$F_{\text{tabl}}(\alpha, p, n - p - 1) = F_{\text{tabl}}(0,05; 2; 5) = 5,79.$$

F -statistikaning haqiqiy va jadval qiymatlarini solishtirganda, ma'lum bo'ldi

$$F_{\text{fakt}} = 31,909 > F_{\text{jadval}} = 5,79,$$

shuning uchun regressiya tenglamasi umumiy ahamiyatga ega.

Modelning adekvatligini baholash uchun biz empirik qoidani qo'llaymiz (3.13).

Sifatida

$$F_{\text{fakt}} = 31,909 > 4 \cdot F_{\text{jadval}} = 18,96,$$

keyin Ko'p omilli regressiya modeli adekvat va prognoz qilish uchun mos deb hisoblanadi

3) (3.14) formuladan foydalanib, ko'p korrelyatsiya koeffitsientini hisoblang:

$$R = \sqrt{\frac{SS_R}{SS}} = \sqrt{\frac{0,702}{0,756}} = 0,964.$$

Ko'p korrelyatsiya koeffitsienti 1 ga juda yaqin, shuning uchun javob y o'rtasidagi chiziqli stokastik munosabat va x_1 va x_2 omillari juda qattiq.

Aniqlash koeffitsienti:

$$R^2 = 0,964^2 = 0,929$$

Determinatsiya koeffitsientining qiymati shundan dalolat beradi y umumiy javob dispersiyasining 92,9% x_1 va x_2 omillar ta'siridan kelib chiqqanligi; qolgan 7,1% ni ta'siri bilan izohlash mumkin modelda hisobga olinmagan omillarga javob y , o'lchash xatolari yoki, ehtimol matematik qaramlik turini noto'g'ri tanlash bilan.

4) Qisman korrelyatsiya koeffitsientlarini hisoblash uchun zarur formuladan foydalanib, juft korrelyatsiya koeffitsientlarini hisoblang

$$r_{yx_j} = \frac{\overline{yx_j} - \bar{y} \cdot \bar{x}_j}{\sqrt{(\overline{y^2} - \bar{y}^2) \cdot (\overline{x_j^2} - \bar{x}_j^2)}}, j=1,2.$$

Keling, hisob-kitoblarni bajaramiz:

$$\overline{y \cdot x_1} = \frac{\sum y \cdot x_1}{n} = 84,350,$$

$$\bar{y} \cdot \bar{x}_1 = \frac{\sum y}{n} \cdot \frac{\sum x_1}{n} = 1,588 \cdot 50,250 = 79,797,$$

$$\overline{y^2} = \frac{\sum y^2}{n} = 2,616,$$

$$\bar{y}^2 = \left(\frac{\sum y}{n} \right)^2 = 2,522,$$

$$\overline{x_1^2} = \frac{\sum x_1^2}{n} = 2759,750,$$

$$\bar{x}_1^2 = \left(\frac{\sum x_1}{n} \right)^2 = 2525,063.$$

Keyin javob y va omil x_1 o'rtasidagi juft korrelyatsiya koeffitsienti:

$$r_{yx_1} = \frac{\overline{yx_1} - \bar{y} \cdot \bar{x}_1}{\sqrt{(\overline{y^2} - \bar{y}^2) \cdot (\overline{x_1^2} - \bar{x}_1^2)}} \approx 0,964.$$

Boshqa koeffitsientlar ham xuddi shunday hisoblab chiqiladi. Juftlangan korrelyatsiya koeffitsientlari matritsasini tuzamiz.

O'zgaruvchil ar	y	x_1	$x_{2_}$
y	1	-	-
x_1	0,964	1	-
$x_{2_}$	0,839	0,871	1

y va mos keladigan omil o'rtasidagi bog'liqlik darajasini tavsiflaydi.

Regressiya tenglamasiga kiritilgan boshqa omillar ta'sirini barta-raf etish. Qisman korrelyatsiya koeffitsientlari quyidagi formulalar bilan hisoblanadi:

$$r_{y_{x_1} * x_2} = \frac{r_{y_{x_1}} - r_{y_{x_2}} \cdot r_{x_1 x_2}}{\sqrt{(1-r_{y_{x_2}}^2)(1-r_{x_1 x_2}^2)}} = \frac{0,964 - 0,839 \cdot 0,871}{\sqrt{(1-0,839^2) \cdot (1-0,871^2)}} \approx 0,873,$$

$$r_{y_{x_2} * x_1} = \frac{r_{y_{x_2}} - r_{y_{x_1}} \cdot r_{x_1 x_2}}{\sqrt{(1-r_{y_{x_1}}^2)(1-r_{x_1 x_2}^2)}} = \frac{0,839 - 0,964 \cdot 0,871}{\sqrt{(1-0,964^2) \cdot (1-0,871^2)}} \approx -0,005.$$

Omili x_1 dan keyin o'rnatilganda, y_1 va x_1 o'rtasidagi korrelyatsiya pastroq bo'lib chiqadi, 0,873 ga nisbatan 0,964.

Xuddi shunday, x_1 faktor x_2 dan keyin aniqlanganda, korrelyatsiya y va x_2 0,839 ga nisbatan -0,005 kamroq kuchli bo'lib chiqadi.

Qisman korrelyatsiya koeffitsientlari sizni tartiblash imkonini beradi va omillarning ta'sir kuchiga ko'ra javob y va aniq o'lchovni beradi. Har bir omilning bog'liq o'zgaruvchi bilan munosabatlarining qattiqligi.

Keling, tartiblashtiramiz:

$$|r_{y_{x_1} * x_2}| > |r_{y_{x_2} * x_1}|,$$

ya'ni omil x_1 (jamikvartira maydoni) y javobiga kuchliroq ta'sir qiladi.

(kvartiraning narxi) x_2 faktoriga nisbatan (sonxonalar).

5) Ko'p sonli tenglama parametrlarining ahamiyatini baholaylik qisman F-kriteriyasi bo'yicha regressiya.

Maxsus F-mezoni kiritishning maqsadga muvofiqligini baholaydi omillar modeliga boshqalardan keyin.

Ikki faktorli qisman F-statistikaning haqiqiy qiymatlari formulalar yordamida modellarni hisoblash mumkin

$$F_{x_1} = \frac{R^2 - r_{y_{x_2}}^2}{1 - R^2} \cdot \frac{n - p - 1}{1} = \frac{0,929 - 0,839^2}{1 - 0,929} \cdot \frac{8 - 2 - 1}{1} \approx 15,851,$$

$$F_{x_2} = \frac{R^2 - r_{y_{x_1}}^2}{1 - R^2} \cdot \frac{n - p - 1}{1} = \frac{0,9293 - 0,964^2}{1 - 0,9293} \cdot \frac{8 - 2 - 1}{1} \approx 0,0003.$$

Fisher F-statistikasining ahamiyatlilik darajasidagi jadval qiymati $\alpha = 0,05$ (2-ilova):

$$F_{\text{jadval}}(\alpha, 1, n-p-1) = F_{\text{jadval}}(0,05; 1; 5) = 6,61.$$

Sifatida

F_{x1} 1-jadval, shuning uchun x_1 omilini kiritish maqsadga muvofiqdir x_2 omilidan keyin modelga,

$F_{x1} > F_{jadval}$, shuning uchun x_2 omilini kiritish tavsiya etilmaydi x_1 omilidan keyin modelga kiritiladi.

Bu shuni anglatadiki, y ning x_1 ga bog'liqligining juft modeli statistik jihatdan juda muhim, ishonchli va bunga hojat yo'q. qo'shimcha x_2 omil, shu jumladan, uni yaxshilash.

t-mezon yordamida koeffitsientlarning ahamiyatini baholaymiz.

T-statistikaning haqiqiy qiymatlarini hisoblang

$$t_{b_1} = \sqrt{F_{x_1}} = \sqrt{15,851} \approx 3,981,$$

$$t_{b_2} = \sqrt{F_{x_2}} = \sqrt{0,0003} \approx 0,016.$$

Misol 2. Elektr energiyasini iste'mol qilish y bog'liqligini o'rganamiz (ming kVt/soat) ishlab chiqarishdan x_1 (ming dona) va mehnatni mexanizatsiyalash darajasi x_2 (%) 30 ta korxona uchun

O'zgaruvcha n	O'rtacha qiymati	Standart og'ish	Juftlik koeffitsienti munosabatlar
y	1000	27	$r_{yx1}=0,77$
x_1	420	45	$r_{yx2}=0,43$
x_2	41.5	18	$r_{y1x2}=0,38$

1) Standartlashtirilgan va tabiiy masshtabda Ko'p omilli regressiya tenglamasini tuzing.

2) qisman va ko'p korrelyatsiya koeffitsientlarini toping.

3) Elastiklikning qisman koeffitsientlarini toping.

4) Umumiy va xususiy Fisher mezonini hisoblang.

5) 0,95 ehtimollik bilan regressiya koeffitsientlarining intervalli baholarini toping.

6) Ko'p omilli regressiya koeffitsientlarining ahamiyatini baholang

Student mezoniga ko'ra.

Shartlar:

1) Standartlashtirilgan masshtabda Ko'p omilli regressiya tenglamasini tuzamiz:

$$t_y = \beta_1 \cdot t_{x_1} + \beta_2 \cdot t_{x_2}.$$

Oddiy tenglamalar sistemasi shaklni oladi

$$\begin{cases} r_{yx_1} = \beta_1 + \beta_2 \cdot r_{y_1x_2} \\ r_{yx_2} = \beta_1 \cdot r_{y_1x_2} + \beta_2 \end{cases}.$$

Bu erdan standartlashtirilgan β_1 va β_2 koeffitsientlarini ifodalaymiz:

$$\begin{cases} \beta_1 = \frac{r_{yx_1} - r_{yx_2} \cdot r_{x_1x_2}}{1 - r_{y_1x_2}^2} \\ \beta_2 = \frac{r_{yx_2} - r_{yx_1} \cdot r_{x_1x_2}}{1 - r_{y_1x_2}^2} \end{cases},$$
$$\begin{cases} \beta_1 = \frac{0,77 - 0,43 \cdot 0,38}{1 - (0,38)^2} = 0,709 \\ \beta_2 = \frac{0,43 - 0,77 \cdot 0,38}{1 - (0,38)^2} = 0,161 \end{cases}.$$

Keyin standartlashtirilgan shkaladagi tenglama o'xshash bo'ladi

Keling, omillarni tasniflaylik. $\beta_1 = 0,709 > \beta_2 = 0,161$ bo'lgani uchun, demak, x_1 omil y ga x_2 omiliga qaraganda ko'proq ta'sir qiladi.

Regressiya tenglamasini natural masshtabda tuzamiz.

Naturalda Ko'p omilli regressiya modeli koeffitsientlari formulalar bo'yicha hisoblangan masshtab:

$$b_1 = \beta_1 \cdot \frac{\sigma_y}{\sigma_{x_1}} = 0,709 \cdot \frac{27}{45} = 0,425,$$

$$b_2 = \beta_2 \cdot \frac{\sigma_y}{\sigma_{x_2}} = 0,161 \cdot \frac{27}{18} = 0,242,$$

$$a = \bar{y} - b_1 \cdot \bar{x}_1 - b_2 \cdot \bar{x}_2 = 1000 - 0,425 \cdot 420 - 0,242 \cdot 41,5 = 811,457.$$

Keyin natural masshtabdagi Ko'p omilli regressiya tenglamasi ko'rinishga ega bo'ladi

$$y = 811,457 + 0,425 \cdot x_1 + 0,242 \cdot x_2.$$

2) qisman va ko'p korrelyatsiya koeffitsientlarini toping.

Qisman korrelyatsiya koeffitsientlari boshqa omillarning ta'siri bartaraf etilganda javob va tegishli omil o'rtasidagi munosabatlarning yaqinlik darajasini tavsiflaydi.

Qisman korrelyatsiya koeffitsientlari quyidagi formulalar bilan aniqlanadi:

$$r_{y x_1 * x_2} = \frac{r_{y x_1} - r_{y x_2} \cdot r_{x_1 x_2}}{\sqrt{(1 - r_{y x_2}^2)(1 - r_{x_1 x_2}^2)}} = \frac{0,77 - 0,43 \cdot 0,38}{\sqrt{(1 - 0,43^2) \cdot (1 - 0,38^2)}} = 0,726,$$

$$r_{y x_2 * x_1} = \frac{r_{y x_2} - r_{y x_1} \cdot r_{x_1 x_2}}{\sqrt{(1 - r_{y x_1}^2)(1 - r_{x_1 x_2}^2)}} = \frac{0,43 - 0,77 \cdot 0,38}{\sqrt{(1 - 0,77^2) \cdot (1 - 0,38^2)}} = 0,233.$$

Qisman korrelyatsiya koeffitsientlari omillarni javobga ta'siri bo'yicha tartiblash imkonini beradi va aniq o'lchovni beradigar bir omilning javob y bilan aloqadorligining keskinligi.

Sifatida

$|r_{y x_1 * x_2}| > |r_{y x_2 * x_1}|$, u holda 1 x koeffitsienti kuchliroq bo'ladi. y javobiga ta'siri 2 x faktordan ko'ra.

Ko'p korrelyatsiya koeffitsienti dan aniqlanishi mumkin formula bo'yicha qisman korrelyatsiya koeffitsientlari

$$R = \sqrt{1 - (1 - r_{y x_1}^2)(1 - r_{y x_1 * x_1}^2)(1 - r_{y x_1 * x_1 x_2}^2) \dots (1 - r_{y x_1 * x_1 x_2 \dots x_{p-1}}^2)}.$$

Natijada quyidagiga ega bo'lamiz

$$R = \sqrt{1 - (1 - 0,77^2)(1 - 0,233^2)} = 0,784.$$

Ko'p korrelyatsiya koeffitsienti 1 gajudayaqinyo'zgaruvchining x1 va x2 omillaribilanyaqin bog'lanishinibildiradi.

Aniqlash koeffitsienti:

$$R^2 = 0,784^2 = 0,615.$$

Determinatsiya koeffitsienti dispersiyaning 61,5% ekanligini ko'rsatadi

y o'zgaruvchisi x1 va x2 omillarning ta'siri bilan izohlanadi.

3) Egiluvchanlikning qisman koeffitsientlarini (3.23) formuladan foydalanib hisoblaymiz:

$$\bar{\partial}_{yx_j} = b_j \cdot \frac{\bar{x}_j}{\bar{y}}.$$

Demak:

$$\bar{\partial}_{yx_1} = b_1 \cdot \frac{\bar{x}_1}{\bar{y}} = 0,425 \cdot \frac{420}{1000} = 0,18,$$

$$\bar{\partial}_{yx_2} = b_2 \cdot \frac{\bar{x}_2}{\bar{y}} = 0,242 \cdot \frac{41,5}{1000} = 0,01,$$

Qisman egiluvchanlik koeffitsientlarining qiymatlari shuni ko'rsatadiki, x_1 omilning o'rtacha qiymati 1% ga oshishi bilan y qiymati o'rtacha qiymatdan 0,18% ga, x_2 omil 1% ga oshadi. o'rtacha qiymatdan y ning javobi o'rtacha 0,01% ga oshadi.

4) formula bo'yicha umumiy F-mezonini hisoblang.

$$F_{fakt} = \frac{R^2}{1-R^2} \cdot \frac{n-p-1}{p} = \frac{0,615}{1-0,615} \cdot \frac{30-2-1}{2} = 21,565.$$

Fisherning F-statistik ma'lumotlarining jadval qiymatini darajasida toping
ahamiyati $\alpha = 0,05$ (2-ilova):

$$F_{fakt} = (q, p, n-p-1) = F_{fakt}(0,05; 2; 27) = 3,35.$$

$$F_{fakt} = 21,565 > F_{fakt} = 3,35,$$

U holda ko'p omilli regressiya tenglamasi umumiy ahamiyatga ega.

Modelning adekvatligini baholash uchun biz empirik qoidani qo'llaymiz (3.13).

Sifatida

$$F_{fakt} = 21,565 > 4 \cdot F_{fakt} = 13,4,$$

keyin ko'p omilli regressiya modeli adekvat va prognoz uchun mos deb hisoblanadi.

Muayyan F-mezonlari kiritishning maqsadga muvofiqligini baholaydi

Keling, qisman F-statistikaning haqiqiy qiymatlarini hisoblaylik:

$$F_{x_1} = \frac{R^2 - r_{yx_2}^2}{1 - R^2} \cdot \frac{n - p - 1}{1} = \frac{0,615 - 0,43^2}{1 - 0,615} \cdot (30 - 3) = 12,880,$$

$$F_{x_2} = \frac{R^2 - r_{yx_1}^2}{1 - R^2} \cdot \frac{n - p - 1}{1} = \frac{0,615 - 0,77^2}{1 - 0,615} \cdot (30 - 3) = 0,662.$$

Fisherning F-statistik ma'lumotlarining jadval qiymatini darajasida topingahamiyati $\alpha = 0,05$ (2-ilova):

$$F_{jadval} = (a, 1, n - p - 1) = F_{jadval} (0,05; 1; 27) = 4,21.$$

Shunday

$F_{x_1} = 12,880 > F_{jadval} = 4,21$, u holda X_1 omilni kiritish maqsadga muvofiqdir,

X_2 faktordan keyin modelga,

$F_{x_1} = 0,556 < F_{jadval} = 4,21$, u holda X_2 omilni X_1 omildan keyin modelga kiritish noo'rin.

5) Regressiya koeffitsientlarining intervalli baholarini toping (3.21) formula bo'yicha ishonchli ehtimollik bilan $p = 0,95$:

$$I_p = (b_j - t_{jadval}(n - p - 1, a) \cdot S_{b_j}; b_j + t_{jadval}(n - p - 1, a) \cdot S_{b_j}),$$

Buning uchun (3.17) formuladan parametrlarning standart xatolarini ifodalaymiz:

$$F_{x_j} = \left(\frac{b_j}{S_{b_j}} \right)^2.$$

Demak

$$S_{b_j} = \sqrt{\frac{b_j^2}{F_{x_j}}}.$$

Keyin model parametrlarining standart xatolari:

$$S_{b_j} = \frac{4,25}{\sqrt{12,880}} = 0,118,$$

$$S_{b_j} = \frac{0,242}{\sqrt{0,662}} = 0,297,$$

Student t-statistikasining ahamiyatlilik darajasidagi jadval qiymati $\alpha = 0,05$ (1-ilova):

$$t_{jadval}(a, n - p - 1) = t_{jadval}(0,05; 27) = 2,052.$$

b_1 parametr uchun ishonch oralig'ining pastki va yuqori chegaralari mos ravishda quyidagilarga teng bo'ladi:

$$b_1 - t_{jadval}(a, n - p - 1) \cdot S_{b_1} = 0,425 - 2,052 \cdot 0,118 = 0,183,$$

$$b_1 + t_{jadval}(a, n - p - 1) \cdot S_{b_1} = 0,425 + 2,052 \cdot 0,118 = 0,667.$$

Keyin b_1 regressiya parametri uchun $p = 0,95$ ehtimoli bo'lgan ishonch oralig'i quyidagicha ko'rinadi.

$$I_{0,95} = (0,183; 0,667), T.e.b_1 \in (0,183; 0,667).$$

b_2 parametr uchun ishonch oralig'ining pastki va yuqori chegaralari mos ravishda quyidagilarga teng bo'ladi:

$$b_2 - t_{jadval}(a, n - p - 1) \cdot S_{b_2} = 0,245 - 2,052 \cdot 0,297 = -0,367,$$

$$b_2 + t_{jadval}(a, n - p - 1) \cdot S_{b_2} = 0,242 + 2,052 \cdot 0,297 = 0,851.$$

Biz uchun $p = 0,95$ ehtimollik bilan ishonch oralig'ini olamiz regressiya parametri b_2 :

$$I_{0,95} = (-0,367; 0,851), T.e.b_1 \in (-0,367; 0,851).$$

6) Ko'p omilli regressiya koeffitsientlarining ahamiyatini Student mezoniga ko'ra baholanadi.

Studentlar statistikasi haqiqiy qiymatlarini hisoblang.

$$t_{b_1} = \sqrt{F_{x_1}} = \sqrt{12,880} = 3,589,$$

$$t_{b_2} = \sqrt{F_{x_2}} = \sqrt{0,662} = 0,814.$$

Student t-statistikasining ahamiyatlilik darajasidagi jadval qiymati $\alpha = 0,05$ (1-ilova):

$$t_{jadval}(a, n - p - 1) = t_{jadval}(0,05; 27) = 2,052.$$

Shunda.

$$t_{b_1} = 3,589 > t_{jadval} = 2,052,$$

$$t_{b_2} = 0,814 < t_{jadval} = 2,052,$$

shuning uchun b_1 parametr muhim, x_1 omil muhim ahamiyatga ega y o'zgaruvchiga ta'siri.

Ya'ni, elektr energiyasi iste'moli asosiy ahamiyatga egaishlab chiqarish ta'sir ko'rsatadi, va mexanizatsiyalash darajasi mehnat ahamiyatsiz.

Vazifalar

1. 25 ta kuzatish asosida juftlashgan koeffitsientlar matritsasi olinadi omillar x_1 , x_2 va javob y o'rtasidagi korrelyatsiya.

O'zgaruvchilar	y	x_1	x_2
y	1.0	-	-
x_1	0,6	1.0	-
x_2	-0,5	-0,9	1.0

2.

20

ta kuzatish asosida juftlashgan koeffitsientlar matritsasi olinadi omillar x_1 , x_2 va javob y o'rtasidagi korrelyatsiya:

O'zgaruvchilar	y	x_1	x_2
y	1.0	-	-
x_1	0,78	1.0	-
x_2	0,86	0,96	1.0

1) Standartlashtirilgan shaklda regressiya tenglamasini tuzing.

2) Korrelyatsiya koeffitsientini aniqlang (to'g'rilangan va to'g'rilanmagan)

3. 20 ta korxona uchun ishlab chiqarish y (million rubl) yiliga ishlagan odam-soat soniga bog'liqligi x_1 (ming kishi-soat) va ishlab chiqarish uskunalarining o'rtacha yillik qiymati x_2 (million rubl) shaklida ma'lum. ko'p chiziqli regressiya tenglamasi:

$$\hat{y}=35+0,06x_1+ 2,5x_2$$

Ko'p korrelyatsiya koeffitsienti $R = 0,9$.

Kvadratlarning qoldiq yig'indisi $SS_e = 3000$ ga teng.

1) Determinatsiya koeffitsientini aniqlang.

2) Dispersiya jadvali tahlilini tuzing va Fisher mezoni yordamida model sifatini baholang.

4. Foyda y (ming rubl) ning bir xodimga to'g'ri keladigan ishlab chiqarish hajmiga bog'liqligi x_1 (ming rubl) va mahsulot x_2 indeksi ma'lum (%) ko'p chiziqli tenglama shaklida 25 ta korxona uchun regressiyalar:

$$\hat{y}= 27+ 0,07 \cdot x_1+ 10 \cdot x_2$$

Ko'p korrelyatsiya koeffitsienti $R = 0,87$.

Kvadratlarning qoldiq yig'indisi $SS_e = 1300$ ga teng.

1) Determinatsiya koeffitsientini aniqlang.

2) Dispersiya jadvali tahlilini tuzing va Fisher mezoni yordamida model sifatini baholang.

5. Materiallar sarfi y (t) ning 20 ta korxona uchun quvvatning vaznga nisbati x_1 (bir ishchiga kVt/soat) va ishlab chiqarish hajmi x_2 (ming birlik) ga bog'liqligi ko'paytma shaklida ma'lum. chiziqli regressiya tenglamasi:

$$\hat{y}= 40+ 0,2 \cdot x_1+ 3 \cdot x_2$$

Ko'p korrelyatsiya koeffitsienti $R = 0,78$.

Kvadratlarning qoldiq yig'indisi $SS_e = 3200$ ga teng.

1) Determinatsiya koeffitsientini aniqlang.

2) Dispersiya jadvali tahlilini tuzing va Fisher mezoni yordamida model sifatini baholang.

6. Aholi jon boshiga o'rtacha kunlik daromadning bog'liqligi ma'lum bir ishchining o'rtacha kunlik ish haqining y (rubl). 30 ta tuman uchun x_1 (rub.) va ishsizlarning o'rtacha yoshi x_2 (yillar) maydonlar ko'p chiziqli regressiya tenglamasi sifatida:

$$\hat{y}=-73,52+1,68x_1+2,25x_2$$

Ko'p korrelyatsiya koeffitsienti $R=0,85$.

Bir nechta regressiya parametrlarining standart xatolarimos ravishda $S_a=3,6$, $S_{b1}=0,18$, $S_{b2}=0,5$ ga teng.

1) Ko'p omilli regressiya parametrlarining ahamiyatini baholash Styudent mezon.

2) Fisherning shaxsiy F-mezonlari yordamida maqsadga muvofiqligini baholang

x_2 faktordan keyin x_1 faktorni va keyin x_2 omilni modeliga kiritish omil x_1 .

7. Bir ishchiga to'g'ri keladigan mahsulotning y (ming rubl) yangi asosiy vositalarni ishga tushirishga bog'liqligi x_1 (%) yil oxiridagi mablag'lar qiymati) va yuqori malakali ishchilarning umumiy ishchilar sonidagi ulushi x_2 (%) viloyatning 20 ta korxonasi uchun Ko'p omilli regressiya tenglamasi ko'rinishida:

$$\hat{y} = 2,427 + 1,563 \cdot x_1 + 0,154 \cdot x_2$$

Ko'p korrelyatsiya koeffitsienti $R = 0,85$.

Bir nechta regressiya parametrlarining standart xatolarimos ravishda $S_a=0,971$, $S_{b1}=0,358$, $S_{b2}=0,084$ ga teng

1) Ko'p omilli regressiya parametrlarining ahamiyatini baholash Styudent mezon.

2) Fisherning shaxsiy F-mezonlari yordamida maqsadga muvofiqligini baholang x_2 faktordan keyin x_1 faktorni va keyin x_2 omilni modeliga kiritish omil x_1 .

8. y javobining 30 ning x_1 va x_2 omillariga bog'liqligi ma'lum korxonalar Ko'p omilli regressiya tenglamasi shaklida:

$$\hat{y} = a + 0,48x_1 + 20x_2$$

Ko'p korrelyatsiya koeffitsienti $R = 0,85$.

Regressiya parametri	a	b_1	b_2
Parametrning standart xatolari	2	0,06	?
t - parametrlar bo'yicha statistika	1.5	?	4

1) a parametrini aniqlang.

2) Regressiya parametrlari uchun etishmayotgan standart xato va t-statistikani toping.

3) Determinatsiya koeffitsienti bo'yicha model sifatini baholang.

4) Regressiya tenglamasining ahamiyati va adekvatligini tekshiring.

5) 0,95 ehtimollik bilan regressiya parametrlari uchun ishonch oraliqlarini tuzing.

9. y javobining 30 ning x_1 va x_2 omillariga bog'liqligi ma'lum korxonalar Ko'p omilli regressiya tenglamasi shaklida:

$$\hat{y} = a + 10x_1 + 2x_2$$

Ko'p korrelyatsiya koeffitsienti $R=0,85$

Regressiya parametri	a	b_1	b_2
Parametrning standart xatolari	0,5	2	?
t - parametrlar bo'yicha statistika	3	?	5

1) a parametrini aniqlang.

2) Regressiya parametrlari uchun etishmayotgan standart xato va t-statistikani toping.

3) Determinatsiya koeffitsienti bo'yicha model sifatini baholang.

4) Regressiya tenglamasining ahamiyati va adekvatligini tekshiring.

5) 0,95 ehtimollik bilan regressiya parametrlari uchun ishonch oraliqlarini tuzing.

10. y javobining x_1 va x_2 omillariga 40 ga bog'liqligi ma'lum korxonalar Ko'p omilli regressiya tenglamasi shaklida:

$$\hat{y} = 3 + 0,4x_1 + b_2x_2$$

Ko'p korrelyatsiya koeffitsienti $R=0,81$.

Regressiya parametri	a	b_1	b_2
Parametrning standart xatolari	?	0,02	0,12
t - parametrlar bo'yicha statistika	1.8	?	5

- 1) b_2 parametrini aniqlang.
- 2) Regressiya parametrlari uchun etishmayotgan standart xato va t-statistikani toping.
- 3) Determinatsiya koeffitsienti bo'yicha model sifatini baholang.
- 4) Regressiya tenglamasining ahamiyati va adekvatligini tekshiring.
- 5) 0,95 ehtimollik bilan regressiya parametrlari uchun ishonch oraliqlarini tuzing.

11. Ko'p omilli regressiya tenglamasi va regressiya parametrlarining ishonch intervallari 0,95 ehtimollik bilan ma'lum:

$$\hat{y} = 4,6 + 0,3x_1 + 1,9x_2 - 2,0x_3 + 1,5x_4$$

Chegar a	Regressiya parametrlari uchun ishonch oraliqlari omil bilan			
	x_1	x_2	x_3	x_4
Pastroq	?	1.2	-3.1	?
Yuqori	0,6	?	?	1.9

Ko'p korrelyatsiya koeffitsienti $R = 0,87$.

- 1) Ishonch oraliqlarining etishmayotgan chegaralarini aniqlang.
- 2) Determinatsiya koeffitsienti bo'yicha model sifatini baholang.

12. Ko'p omilli regressiya tenglamasi va regressiya parametrlarining ishonch oraliqlari 0,95 ehtimollik bilan ma'lum:

$$\hat{y} = 3 + 0,8x_1 + 2,7x_2 - 2,0x_3$$

Chegar a	Regressiya parametrlari uchun ishonch oraliqlari omil		
	x_1	x_2	x_3
Pastroq	0,5	?	-4,1
Yuqori	?	2.8	?

Ko'p korrelyatsiya koeffitsienti $R = 0,79$.

- 1) Ishonch oraliqlarining etishmayotgan chegaralarini aniqlang.
- 2) Determinatsiya koeffitsienti bo'yicha model sifatini baholang.

13. y javobining x_1 va x_2 omillariga 30 ga bog'liqligi ma'lum kuzatishlar:

O'zgaruvchan	O'rtacha ma'nosi	Koeffitsient o'zgarishlar, %	Regressiya tenglamasi
y	50	9,5	$\hat{y}=66,36+0,37x_1-1,26x_2$
x_1	14	10	$\hat{y}=53,75+0,26x_1$
x_2	9	8,6	$\hat{y}=60,26-1,15x_2$

Har bir regressiya tenglamasining ahamiyatini baholang, agar 0,16 ekanligi ma'lum bo'lsa

$$r_{x_1x_2} = -0,16$$

14. Biz foyda y (ming rubl) ning mahsulotga bog'liqligini o'rganamiz

bir ishchiga to'g'ri keladigan ishlab chiqarish x_1 (birlik) va mahsulot indeksi x_2

(%) 30 ta korxona uchun

O'zgaruvchan	O'rtacha qiymati	standart og'ish	Juftlik ehtimoli korrelyatsiya omili
y	250	38	$r_{yx1}=0,68$
x_1	47	12	$r_{yx2}=0,61$
x_2	112	21	$r_{x1x2}=0,42$

Masala. Biz 2-jadvaldan aholiga maishiy xizmat ko'rsatish sohasi rivojlanishiga ta'sir qiluvchi 6ta omilni ko'rib turibmiz va bu sohaning rivojlanishini prognoz qilish maqsadida har bir omilni dinamik qatorlariga qarab, alohida-alohida trend usulida yillarga bog'lab regression tenglamalarini tuzdik va bu quyidagi ko'rinishda bo'ldi: Ijtimoiy iste'molning (X_1)

$y=3912,7x^2-14629x+47522$ ($R^2=0,98$) tenglamasini tuzdik.

5.1-jadval

Qashqadaryo viloyati aholisiga maishiy xizmat ko'rsatish sohasining retrospektiv ma'lumotlari

Ko'rsatkichlar nomi	Aholiga maishiy xizmat ko'rsatish	Ijtimoiy iste'mol	Shaxsiy iste'mol	Aholi jon boshiga o'rtacha oylik pul daromadlari	Kapital mablag'lar	Pullik xizmatlar hajmi	Asosiy jamg'armalarni ishga tushirish
O'lchov birligi	mln. so'm	mln. so'm	mln. so'm	ming. so'm	mln. so'm	mln. so'm	mln. so'm
Shartli belgilar	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6
1999y	1802.2	18303.2	63114.5	49.4	84680.7	6688.1	55042.5
2000y	4427.1	29331.2	98426.9	72.7	117931	12727.3	79013.8
2001y	6502.2	47298.8	152576.6	152.1	206662.1	17776.5	123997.3
2002y	8929.5	63433.3	211444.4	176.1	209285.6	27041.2	142314.2
2003y	10952.4	107346.7	298185.3	204	297738.3	40051.3	205439.4
2004y	13705.2	105306.5	325020.1	229.8	339255.6	46915.5	223908.7
2005y	19922.6	130695.0	408421.9	236.8	437330.9	69287.1	279891.8
2006y	25418.9	166063.6	535689.2	245.3	697893.7	100103.4	488525.6
2007y	28686.5	217803.3	660009.9	258.8	830042	152604.5	589329.8
2008y	35248.7	267574.1	863142.4	405	1630735.3	223317.8	1108900
2009y	38135.9	349268.8	1145143.5	528.2	2192988.2	286185.1	1513161.9
2010y	48344.8	469997.2	1468741.2	734.3	1597969.9	377113.1	1134558.6

Shaxsiy iste'mol (X_2) $y=12909x^2-52805x+163132$ ($R^2=0,9857$) tenglamasini, aholi jon boshiga o'rtacha oylik pul daromadi (X_3) $y=5,4768x^2-22,429x+123,5$ ($R^2=0,9087$) tenglamasini, kapital mablag'lar (X_4) $y=19589x^2-80905x+185029$ ($R^2=0,8818$) tenglamasini, pullik xizmatlar hajmi (X_5) $y=4404,9x^2-26478x+46822$ ($R^2=0,99$) tenglamasini, asosiy jamg'armalarni ishga tushirish (X_6) $y=14053x^2-60956x+130336$ ($R^2=0,8945$) tenglamalarini tuzdik. Bunda har bir omillarni U deb, erkli o'zgaruvchi X ni yillarga bog'lab oldik. Aholiga maishiy xizmat ko'rsatish sohasini yuqoridagi sanab o'tgan 6ta omilga

bog'liqligini korrelyasion-regression tahlil qildik va quyidagi regression tenglamani tuzdik:

5.2-jadval

Viloyat aholisiga maishiy xizmat ko'rsatish darajasi

Funksiya: viloyat aholisiga maishiy xizmat ko'rsatish darajasi					
Usul: kichik kvadratlar usuli					
O'tkazilgan kuzatishlar soni: 12					
O'zgaruvchi		Koeffi-siyent	Standart xato	t-Statistika	Ehtimollik
C	Y	1231,377275	2005,208355	0,61408944	0,56601845
o'zgaruvchi	X1	-0,029141404	0,145737224	-0,199958547	0,849391242
	X2	0,119182648	0,058470176	2,038349392	0,097072702
	X3	-77,84908856	22,72667799	-3,425449535	0,018727456
	X4	0,127931575	0,052699541	2,427565276	0,059559138
	X5	-0,099893983	0,058435948	-1,709461169	0,148059878
	X6	-0,197038706	0,080744169	-2,440284027	0,058633204
R-kvadrat		0,99034318	O'rta bog'liqlik miqdor		3,4109
Tuzatilgan R-kvadrat		0,978754996			
Regressiya xatosining yig'indisi		2183,801346	Kvadratlik bog'liqlik		0,995159877
Qoldiqlar yig'indisi		9871,638164			
Styudent statistikasi		1,7823	Fisher statistikasi		85,46146452

5.2-jadval, viloyat aholisiga maishiy xizmat ko'rsatish sharoitiga ta'sir qiluvchi kuchli va kuchsiz bog'lanishlar mavjudligini baholash maqsadida quyidagi regrission tenglama hosil bo'ldi:

$Y=1231,38-0,029*X+10,119*X2-77,85*X+30,128*X4-0,1*X5-0,2*X6$ Bu tenglama orqali prognoz qilishdan oldin yuqoridagi 6ta omilni yillar bo'yicha prognoz qildik va shu prognozlar orqali aholiga maishiy xizmat ko'rsatish sohasini prognoz qildik. Bu quyidagi 5.3-jadvalda ko'rinib turibdi.

5.3-jadval

Qashqadaryo viloyati aholisiga maishiy xizmat ko'rsatish proгноzi

Ko'rsatkichlar nomi	Aholiga maishiy xizmat ko'r- satish	Ijti-moiy iste'mol	Shaxsiy iste'mol	Axoli jon boshiga o'rtacha oylik pul daromad- lari	Kapital mablag'- lar	Pullik xizmat- lar hajmi	Asosiy jamg'arma- larni ishga tushirish
O'lchov birligi	mln. so'm	mln. so'm	mln. so'm	ming. so'm	mln. so'm	mln. so'm	mln. so'm
	U	X1	X2	X3	X4	X5	X6
2011	50087,39	518591,3	1658288	757,50	2443805	447036,1	1712865
2012	57278,26	609605,2	1954026	882,95	2891803	539490,4	2031340
2013	64974,4	708444,5	2275582	1019,35	3378979	640754,5	2377921
2014	73175,82	815109,2	2622956	1166,70	3905333	750828,4	2752608
2015	81882,5	929599,3	2996148	1325,00	4470865	869712,1	3155401
2016	91094,46	1051914,8	3395158	1494,26	5075575	997405,6	3586300
2017	100811,7	1182055,7	3819986	1674,47	5719463	1133909	4045305
2018	111034,2	1320022,0	4270632	1865,64	6402529	1279222	4532416
2019	121762	1465813,7	4747096	2067,76	7124773	1433345	5047633
2020	132995	1619430,8	5249378	2280,83	7886195	1596278	5590956

Xizmatlar turlariga tegishli modellarning qulay hisob-kitob tenglamalaridan kelib chiqib, 2011-2020 yillar uchun mo'ljallangan prognozlar hisob qilib chiqildi.

Mustaqil bajarish uchun vazifalar:

1-variant

Yillar	Y	X1	X2	X3
2011	7450,2	152,0	119,9	933,3
2012	9844,0	197,1	199,3	958,9
2013	2261,0	262,0	243,7	991,0
2014	15923,4	316,3	313	1019,6
2015	21124,9	404,0	374,3	1046,7
2016	28190,0	590,5	584	1073,5
2017	38969,8	955,0	801,5	1103,5
2018	49375,6	1253,0	1210,7	1132,8
2019	62388,3	1533,7	1378,6	1162,8
2020	78764,2	1795,4	1364,3	1191,9

2-variant

Yillar	Y	X1	X2	X3
2011	2819,0	590,3,5	584,7	1073,4
2012	3896,9	955,6	801,5	1103,4
2013	4937,5	1253,2	1210,7	1132,1
2014	6238,8	1533,7	1378,6	1162,4
2015	7876,4	1795,3	1364,3	1191,1
2016	9792,9	2279,7	1823,4	1222,8
2017	12086,1	2869,6	1977,2	1252,3
2018	14486,7	3523,3	2362,5	1281,4
2019	17136,9	4073,7	3428,9	1305,3
2020	19932,5	4947,6	3902,6	1329,4

3-variant

Yillar	Y	X1	X2	X3
2009	3896,8	955,6	801,5	1103,5
2010	4937,6	1253,2	1210,7	1132,8
2011	6238,3	1533,8	1378,6	1162,4
2012	7876,2	1795,3	1364,1	1191,1

2013	9792,3	2279,3	1823,4	1222,3
2014	12086,5	2869,6	1977,0	1252,3
2015	14486,9	3523,3	2362,4	1281,8
2016	17136,9	4073,7	3428,1	1305,8
2017	19932,1	4947,6	3902,3	1329,8
2018	21330,2	5301,2	4208,8	1351,6
2019	22733,4	5654,8	4513,8	1379,5
2020	24136,6	6008,3	4819,6	1407,4

4-variant

Yillar	Y	X1	X2	X3
2009	1888,9	221,5	1145	21,9
2010	2830,9	514,0	1160	21,2
2011	4494,0	502,0	1184	21,7
2012	6127,5	574,3	1223	24,5
2013	8123,2	763,4	1284	27,9
2014	11028,6	1032,4	1348	28,9
2015	14640,3	1384,6	1402	28,1
2016	18447,6	2223,2	1446	29,0
2017	23848,0	3293,8	1487	28,2
2018	28387,3	3556,9	1513	28,7
2019	34499,1	4660,0	1540	31,7
2020	42158,8	6070,3	1564	35,5

5-variant

Yillar	Y	X1	X2	X3
2009	9647,9	2284,8	4073	90,2
2010	12612,9	3169,0	4270	96,6
2011	17309,4	5513,0	4484	112,3
2012	22919,6	7737,8	4650	117,5
2013	29730,8	9229,5	4817	127,8
2014	39059,9	9613,2	4934	136,5

2015	50560,5	12322,2	5035	139,4
2016	65009,8	15566,0	5122	137,4
2017	80529,0	17803,2	5215	137,9
2018	89326,3	18995,2	5284,2	138,8
2019	92521,7	20182,4	5342,1	139,5
2020	98847,4	21738,4	5485,8	143,8

6-variant

Yillar	Y	X1	X2	X3
2009	11028,6	1032,4	1348	28,9
2010	14640,3	1384,6	1402	28,1
2011	18447,6	2223,2	1446	29,0
2012	23848,0	3293,8	1487	28,2
2013	28387,3	3556,9	1513	28,7
2014	34499,1	4660,0	1540	31,7
2015	42158,8	6070,3	1564	35,5
2016	51059,3	7794,0	1590	39,2
2017	64354,7	9813,4	1615	40,8
2018	75194,2	13164,5	1642,0	44,3
2019	91705,3	14226,3	1768,7	44,9
2020	111267,2	15283	1802,4	46

7-variant

Yillar	Y	X1	X2	X3
2009	34499,1	4660,0	1540	311,7
2010	42158,8	6070,3	1564	355,5
2011	51059,3	7794,0	1590	395,2
2012	64354,7	9813,4	1615	404,8
2013	75194,2	13164,5	1642,0	446,3
2014	91705,3	14226,3	1768,7	456,9
2015	111267,2	15283	1802,4	462
2016	118318,9	16276,1	1844,7	476

2017	125769,2	17324,4	1887	492
2018	133219,6	18372,7	1929,3	508
2019	140669,9	19421	1971,6	524
2020	148120,2	20469,3	2013,9	548

8-variant

Yillar	Y	X1	X2	X3
2009	1387,2	42,6	3023	410,4
2010	2104,8	71,8	3042	424,6
2011	3255,3	102,2	3048	459,0
2012	4083,3	98,5	3053	483,5
2013	4615,8	113,6	3 064	501,3
2014	5978,3	138,2	3077	524,4
2015	7538,8	164,4	3088	547,1
2016	9304,9	200,9	3098	561,1
2017	11310,7	261,2	3126	572,5
2018	13628,6	385,9	3198	588,1
2019	16774,7	531,0	3127	596,6
2020	21422,3	942,5	3239	607

9-variant

Yillar	Y	X1	X2	X3
2009	5978,3	138,2	2967	470,4
2010	7538,8	164,4	2936	547,1
2011	9304,9	200,9	2998	561,1
2012	11310,7	261,2	3036	582,5
2013	13628,6	385,9	2898	598,1
2014	16774,7	531,0	3127	632,6
2015	21422,3	942,5	3239	657,1
2016	27164,2	1 089,2	3261	586,7
2017	34201,4	1335,6	3399,0	624,1
2018	39737,3	1444,5	3531,0	652,0

2019	42280,4	1375,4	3601,7	675,2
2020	47486,1	1646,4	3646,7	709,8

10-variant

Yillar	Y	X1	X2	X3
2009	21422,3	942,5	3239	578,1
2010	27164,2	1089,2	3261	627,7
2011	34201,4	1335,6	3399,0	676,1
2012	39737,3	1444,5	3531,0	712,0
2013	42280,4	1375,4	3601,7	765,2
2014	47486,1	1646,4	3646,7	795,4
2015	50510,0	1764,8	3686,5	820,7
2016	53554,9	1883,2	3726,3	867,9
2017	56599,7	2001,6	3766,1	895,0
2018	59644,6	2120	3805,9	928,1
2019	62689,5	2238,4	3845,7	958,3
2020	65734,3	2356,8	3885,5	986,4

11-variant

Yillar	Y	X1	X2	X3
2009	388,4	3,6	676	14,1
2010	571	8,2	702	13,5
2011	731,0	11,0	729	13,7
2012	831,1	10,0	763	14,7
2013	1122,0	19,5	808	15,6
2014	1453,1	27,3	849	16,4
2015	1938,4	47,5	877	16,9
2016	2733,5	140,7	910	18,2
2017	3576,0	187,2	944	19,3
2018	7067,4	354,6	1008	20,0
2019	8246,0	219,7	1065	21,7
2020	9504,8	317,9	1093	22,4

12-variant

Yillar	Y	X1	X2	X3
2009	1938,4	47,5	877	16,9
2010	2733,5	140,7	910	18,2
2011	3576,0	187,2	944	19,3
2012	7067,4	354,6	1 008	20,0
2013	8246,0	219,7	1 065	21,7
2014	9504,8	317,9	1 093	22,4
2015	11754,0	277,5	1 130	22,3
2016	15219,3	422,8	1169	22,1
2017	20060,4	808,3	1 209	22,9
2018	25329,1	1057,1	1227,5	23,3
2019	29265,8	1132	1263,6	23,8
2020	30792,8	1218,9	1301,3	24,4

13-variant

Yillar	Y	X1	X2	X3
2009	8246,0	219,7	1065	210,7
2010	9504,8	317,9	1093	221,4
2011	11754,0	277,5	1130	232,3
2012	15219,3	422,8	1169	242,1
2013	20060,4	808,3	1209	252,9
2014	25329,1	1057,1	1227,5	263,3
2015	29265,8	1132	1263,6	273,8
2016	30792,8	1218,9	1301,3	284,4
2017	32397,2	1305,8	1339	295
2018	34001,5	1392,7	1376,7	315,6
2019	35605,8	1479,6	1414,4	328,2
2020	37210,2	1566,5	1452,1	346,8

14-variant

Yillar	Y	X1	X2	X3
2009	7067,4	354,6	1008	211,0
2010	8246,0	219,7	1065	224,7
2011	9504,8	317,9	1093	238,4
2012	11754,0	277,5	1130	252,3
2013	15219,3	422,8	1169	265,1
2014	20060,4	808,3	1209	277,9
2015	25329,1	1057,1	1227,5	293,3
2016	29265,8	1132	1263,6	313,8
2017	30792,8	1218,9	1301,3	344,4
2018	32397,2	1305,8	1339	362,5
2019	33001,5	1392,7	1376,7	395,6
2020	35067,4	1454,6	1408	420,0

15-variant

Yillar	Y	X1	X2	X3
2009	2097,4	421,8	3172	841,4
2010	3172,2	636,9	3262	875,2
2011	4497,7	792,4	3346	887,4
2012	5238,1	1199,3	3496	918,2
2013	6030,9	1586,5	3683	927,5
2014	7205,9	1838,3	3883	934,1
2015	9647,9	2284,8	4073	950,2
2016	12612,9	3169,0	4270	965,6
2017	17309,4	5513,0	4484	1012,3
2018	22919,6	7737,8	4650	1077,5
2019	29730,8	9229,5	4817	1127,8
2020	39059,9	9613,2	4934	1236,5

16-variant

Yillar	Y	X1	X2	X3
2009	7205,9	1838,3	3883	903,1
2010	9647,9	2284,8	4073	910,2
2011	12612,9	3169,0	4270	916,6
2012	17309,4	5513,0	4484	932,3
2013	22919,6	7737,8	4650	947,5
2014	29730,8	9229,5	4817	967,8
2015	39059,9	9613,2	4934	986,5
2016	50560,5	12322,2	5035	1019,4
2017	65009,8	15566,0	5122	1037,4
2018	80529,0	17803,2	5215	1067,9
2019	89326,3	18995,2	5284,2	1088,8
2020	92521,7	20182,4	5342,1	1016,5

17-variant

Yillar	Y	X1	X2	X3
2009	29730,8	9229,5	4817	1270,8
2010	39059,9	9613,2	4934	1361,5
2011	50560,5	12322,2	5035	1398,4
2012	65009,8	15566,0	5122	1417,4
2013	80529,0	17803,2	5215	1437,9
2014	89326,3	18995,2	5284,2	1458,8
2015	92521,7	20182,4	5342,1	1469,5
2016	98847,4	21738,4	5485,8	1483,8
2017	104875,0	23194,7	5630,9	1498,2
2018	110902,6	24651	5776	1512,6
2019	116930,2	26107,3	5921,1	1527
2020	122957,8	27563,6	6066,2	1561,

18-variant

Yillar	Y	X1	X2	X3
2009	6030,9	1586,5	3683	90,5
2010	7205,9	1838,3	3883	93,1
2011	9647,9	2284,8	4073	90,2
2012	12612,9	3169,0	4270	96,6
2013	17309,4	5513,0	4484	112,3
2014	22919,6	7737,8	4650	117,5
2015	29730,8	9229,5	4817	127,8
2016	39059,9	9613,2	4934	136,5
2017	50560,5	12322,2	5035	139,4
2018	65009,8	15566,0	5122	137,4
2019	80529,0	17803,2	5215	137,9
2020	89326,3	18995,2	5284,2	138,8

19-variant

Yillar	Y	X1	X2	X3
2009	1411,3	1093,5	156,8	160,8
2010	1619,1	1113,7	181,1	222,9
2011	1862,4	1231,6	192,9	249,3
2012	1915,5	1287,2	222,5	276,7
2013	2090,8	1298,6	255,6	297,7
2014	2284,4	1321,7	278,0	327,1
2015	2355,3	1391,9	297,0	349,9
2016	2418,9	1410,2	329,8	362,4
2017	2479,4	1417,5	352,7	384,5
2018	2519,8	1423,0	389,3	429,4
2019	2575,3	1478,5	405,8	452,2
2020	2621,2	1498,9	424,9	490,2

20-variant

Yillar	Y	X1	X2	X3
2009	1273,5	491,2	198,8	222,5
2010	1301,2	544,4	242,1	298,4
2011	1423,0	585,3	261,5	335,7
2012	1572,0	628,4	317,2	384,2
2013	1660,3	679,8	360,5	409,0
2014	1734,3	692,5	381,1	461,4
2015	1829,9	738,4	415,6	496,5
2016	2192,7	766,4	447,3	522,8
2017	2258,8	794,7	482,6	559,7
2018	2370,9	822,7	508,9	581,9
2019	2419,8	862,7	555,3	631,9
2020	2457,3	894,0	587,1	687,6

21-variant

Yillar	Y	X1	X2	X3
2009	1273,5	491,2	198,8	222,5
2010	1301,2	544,4	242,1	298,4
2011	1423,0	585,3	261,5	335,7
2012	1572,0	628,4	317,2	384,2
2013	1660,3	679,8	360,5	409,0
2014	1734,3	692,5	381,1	461,4
2015	1829,9	738,4	415,6	496,5
2016	2124,7	766,4	447,3	522,8
2017	2218,8	794,7	482,6	559,7
2018	2470,9	822,7	508,9	581,9
2019	2599,8	862,7	555,3	631,9
2020	2657,3	894,0	587,1	687,6

22-variant

Yillar	Y	X1	X2	X3
2009	1691,9	641,5	213,8	164,3
2010	1809,7	784,0	264,2	173,9
2011	2609,3	863,4	290,5	189,5
2012	3148,0	912,8	314,5	212,4
2013	6311,5	1072,6	333,9	269,9
2014	2460,3	1174,1	379,7	292,6
2015	3455,8	1254,4	393,8	329,5
2016	3191,1	1313,3	433,7	365,9
2017	2932,1	1344,5	456,0	417,2
2018	3520,5	1376,2	490,9	456,2
2019	2656,6	1410,1	521,0	484,8
2020	3996,6	1497,4	563,8	518,5

23-variant

Yillar	Y	X1	X2	X3
2009	1640,3	84,6	342,4	854,3
2010	1733,9	113,3	359,1	869,4
2011	1782,5	145,5	373,5	883,0
2012	1812,4	176,4	391,1	897,0
2013	1869,9	190,5	439,3	415,7
2014	1892,6	225,1	451,6	433,2
2015	2039,5	258,3	476,5	458,3
2016	2105,9	272,4	487,9	471,8
2017	2128,2	293,8	522,3	493,1
2018	2176,2	328,2	542,2	525,9
2019	2232,8	361,8	569,2	546,9
2020	2285,1	442,5	587,8	566,8

24-variant

Yillar	Y	X1	X2	X3
2009	22447	277,0	57	211
2010	20309	276,1	315	7072
2011	36557	314,1	370	8444
2012	109029	313,7	494	14249
2013	40619	300,7	525	18682
2014	32067	316,1	457	10555
2015	52377	300,9	352	14777
2016	76962	266,1	331	11083
2017	74824	163,0	464	18471
2018	80169	276,8	599	26387
2019	58790	316,8	927	32720
2020	117581	284,8	2286	100589

25-variant

Yillar	Y	X1	X2	X3
2009	1628,5	249,6	548,9	165,3
2010	2194,1	309,5	625,7	305,7
2011	3038,3	343,4	893,8	512,3
2012	4627,1	447,3	1167,4	967,4
2013	6045	545,6	1525,9	1166,9
2014	7858	624,3	2090,3	1387
2015	10520,9	902,1	2687,3	1816,8
2016	13614,1	1099,5	3475,7	2252,8
2017	18146,8	1703,7	4733,1	2860,6
2018	22392,4	2182	5686,7	3486,5
2019	27297,1	2681,1	6832	4125
2020	33178,8	3347,4	8438,1	4830,2

Tavsiya etiladigan adabiyotlar

1. Shodiyev T.Sh. va boshqalar. Ekonometrika. –T.: TDIU, 2007. 75-85 bet.
2. Babeshko L.O. Основы эконометрического моделирования: Учеб. пособ. –М.: КомКнига, 2010. 120-142 str.
3. Yelisseyeva. I.I., Kurysheva S.V. i dr. Ekonometrika: Uchebnik. – М.: Финансы и статистика, 2007. 241-268 str.
4. Zamkov O.O. Эконометрические методы в макроэкономическом анализе. Курс лекций. –М.: ГУ VShE, 2005. 76-82 str.
5. Ishnazarov A.I., Nurullayeva Sh.T., Mo'minova M.A. "Ekonometrika" o'quv fani bo'yicha ta'lim texnologiyasi. "Iqtisodiy ta'limda o'qitish texnologiyasi" qatorsidan. –T.: TDIU, 2006. 127-132 bet.

Nazorat uchun savollar:

1. Iqtisodiy jarayonlarning ko'p omilli xususiyatlari va o'zgarish qonuniyatlari nimalarda namoyon bo'ladi.
2. Ekonometrik model tuzish uchun omillarni tanlash uslubi nimalardan iborat?
3. Korrelyasiya koeffitsiyentlarining turlarini tushuntiring.
4. Xususiy korrelyasiya nima va u qanday hisoblanadi?
5. Juft korrelyasiya koeffitsiyentlari qaysi omillar o'rtasida bog'lanishlarni ko'rsatadi?
6. Multikolleniarlik nima? Multikollinearlikni bartaraf etish usullarini tushuntirish bering.
7. Ko'p omillik korrelyasiya qanchon qo'llaniladi?
8. Ko'p omilli determinasiya koeffitsiyenti nimani ifodalaydi?
9. Ko'p omilli ekonometrik (regression) modelni xususiyatlari nimalardan iborat?
10. "Eng kichik kvadratlar" usuli yordamida ko'p omilli ekonometrik modelning koeffitsiyentlarini qanday hisoblanadi?
11. Ekonometrik model parametrlarini iqtisodiy tahlilini tushuntirib bering.

MAVZU: ADAPTIV REGRESSIYANI MODELLASH

Optimal regressiyaning topish muammolari

Ko'pgina hollarda, taxmin qilingan model:

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_px_p + e$$

yoki matritsa shaklida:

$$Y = XB + e, (4.1)$$

qayerda

$$Y = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_n \end{pmatrix} \quad B = \begin{pmatrix} a \\ b_1 \\ \dots \\ b_p \end{pmatrix} \quad \text{- taxminiy model parametrlari vektori,}$$

$$X = \begin{pmatrix} 1 & x_{11} & \dots & x_{1p} \\ 1 & x_{21} & \dots & x_{2p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & x_{n1} & \dots & x_{np} \end{pmatrix} \quad \text{model regressor qiymatlari matritsasi,}$$

$$e = \begin{pmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \dots \\ e_n \end{pmatrix} \quad \text{Xatolar Vektori (Qoldiqlar),}$$

Bir tomondan, muhim omillarni yo'qotishdan qo'rqib, tadqiqotchi (4.1) ning o'ng tomoniga iloji boricha ko'proq kiritishga harakat qiladi. Shuning uchun, qoida tariqasida, model (4.1) haddan tashqari aniqlangan, bu quyidagilarga olib keladi: a) iqtisodiy xarajatlarga, b) qo'shilish. ma'lumotsiz, ma'lumotsiz va takrorlanuvchi o'zgaruvchilar. Ikkinchisi $\hat{y}$ prognoz dispersiyasining oshishiga olib keladi va modeldagi koeffitsientlarni baholashning aniqligining pasayishiga.

Boshqa tomondan, muhim omillarni o'z ichiga olmagan kam aniqlangan model prognozda tizimli xatolikka olib keladi.

Shunday qilib, gipotezani (4.1) ilgari surgan holda, tadqiqotchi o'z ichiga olgan raqobatdosh modellar (tuzilmalar) to'plamiga duch keladi, bir qancha regressorlar. Har bir o'zgaruvchidan beri $x_1, x_2, \dots, x_p$ tenglamani kiritishi yoki kiritmasligi mumkin, keyin biz 2^p modellarini olamiz. Ushbu tuzilmalar to'plamidan bizga kerak berilgan sifat mezoniga muvofiq bir yoki bir nechta raqobatdosh modellarni tanlang.

Optimallik mezonini tanlash muammosi etarli hatto bitta mezonli yondashuv bilan ham o'tkir. Eng to'g'ri, albatta, bashoratning aniqligi o'lchovlari. Agar ularni olish qiyin bo'lsa, siz umumiy F-mezonida to'xtashingiz mumkin.

Bitta mezonli qidiruvda optimal modelni olgandan so'ng, qoldiq vektor e muvofiqligini diqqat bilan tekshirish kerak regressiya tahlilini qo'llash shartlari.

Regression tahlilning asosiy taxminlari

- <1.1> - kuzatishlar hajmi etarli,
- <1.2> - kuzatishlarni tashkil qilishda tasodifiy tanlash,
- <1.3> - kuzatishlar qatori bir hil,
- <1.4> - kuzatishlarda qo'pol o'tkazib yuborilganlar yo'q.

B parametr vektori haqidagi taxminlar

- <2.1> – kuzatishlar uchun adekvat model elementlarda chiziqli vektor B ,
- <2.2> - B vektoriga hech qanday cheklovlar qo'yilmaydi,
- <2.3> - B vektori qo'shimcha konstantani o'z ichiga oladi,
- <2.4> – B vektorining elementlari ahamiyatsiz hisoblangan kompyuter xatosi

Matritsa X taxminlari

- <3.1> – matritsaning X elementlari (regressorlar $x_1, x_2, \dots, x_p$, ..., 1, 2)
 X matritsasining chiziqli mustaqil vektorlari,
- <3.2> – matritsaning X elementlari (regressorlar $x_1, x_2, \dots, x_p$, ..., 1, 2)
tasodifiy o'zgaruvchilar emas.

Xato vektori haqidagi taxminlar e

- <4.1> - xatolar e tasodifiy o'zgaruvchilar, qo'shimchalar modelga kiritilgan

- <4.2> - xatolar i e normal qonun bo'yicha taqsimlanadi,
- <4.3> - i e xatolar tizimli noto'g'rilikni o'z ichiga olmaydi,
- <4.4> - doimiy dispersiyaga ega xatolar,
- <4.5> – xatolar i e korrelyatsiya qilinmaydi va <4.2> rost bo'lsa statistik jihatdan mustaqil.

Y vektori haqida qo'shimcha taxminlar

<2> – <4> gipotezalari birgalikda bir vaqtda vektor Y haqidagi farazlar. Bundan tashqari, quyidagi ikkitataxminlar.

- <5.1> - regressorlarning optimal to'plamini topish usuli $x_1, x_2, \dots, x_p$ va Y uchun aniq; yagona mezonli qidiruvda 2^p mumkin bo'lgan aniq modeldan optimal model to'liq qidiruv usuli hisoblanadi;
- <5.2> - ko'p javobli vazifa uchun foydalanish qonuniydir har bir regressiya uchun eng kichik kvadratlar usuli.

4.3. Regressiyani modellashtirish metodologiyasi

Moslashuvchan regressiyani modellashtirish yondashuvi quyidagilarni ta'minlaydi:

- taxminiy parametrlar bo'yicha chiziqli modelni qo'llash va eng kichik kvadratlar usulining hisoblash sxemasi;
- regressiya tahlilining taxminlariga muvofiqligini tekshirish; baholar xususiyatlarining buzilish darajasiga ko'ra buzilishlarni tartiblash model parametrlari;
- taxminlarning buzilishiga izchil moslashishtegishli hisoblash protseduralarini qo'llash orqali regressiya tahlili;
- regressiya tahlili taxminlarini va kerak bo'lganda tartib buzilishlarini qayta tekshirish.

Regressiya tahlilining taxminlariga muvofiqligini tahlil qilishva moslashish usullari

Taxminlarni tahlil qilish odatda qoldiqlar bo'yicha amalga oshiriladi:

$$e_i = y_i - \hat{y}_i$$

bu yerda: $\hat{y}_i$ - modeldan olingan prognoz.

Qoldiqlar o'rniga masshtabli qoldiqlar qo'llaniladi: $d_i = \frac{e_i}{S}$ (4.2)

bu yerda S - kuzatishlarning standart xatosi, qoldiq dispersiyaning kvadrat ildizi $d_i \sim N(0,1)$ deb faraz qilib, qaramlik grafiklari quriladi.

y javobdan d_i qoldiqlari va regressorlar x_j , $j=1,2,\dots, p$ va statistik mezonlar hisoblanadi.

B vektori haqidagi taxminlarning buzilishi va moslashish usullari

Buzilish <2.1>. Umuman adekvat model ortiqcha omillarni va/yoki bartaraf etish orqali tuzilmasini yaxshilash mumkin va muhim regressorlarni joriy etish.

Buzilish: ortiqcha bo'lsa: ahamiyatsiz

t-qiymatli modeldagi narx - statistik faktlar jadvali $t_{fakt} \leq t_{tabl}$, t_{tabl} - bu erda t-jadvali statistikaning kritik xususiyat; kam' bilan: grafiklarida tendentsiyalarning barchasi ($d, \hat{y}, x_i$) ular qoldiq $\pm 2S$ lgan gorizontaal bir xil chiziqdan farq qiladi.

Moslashuv: ortiqcha bo'lgan taqdirda: ahamiyatsiz omillarni bartaraf etish va model koeffitsientlarini qayta hisoblash, bir vaqtning o'zida <2.1> va <3.1> taxminlarni buzish, bosqichma-bosqich regressiya usullarini yoki boshqa usullarni qo'llash; Belgilanmaganligi ostida: etishmayotgan omillarni topish ($x_k, x_j^2, t, \dots$).

Agar model zudlik bilan nomukammal deb topilsa, ular boshqa modellar sinfiga o'tadilar.

Buzilish<2.2>. Buzilishning bilvosita belgilari: regressorlarning muhim juftlashgan korrelyatsiya koeffitsientlarining mavjudligi.

Moslashuv: B vektoridagi cheklovlarni hisobga olish va muammoni hal qilish cheklovlar bilan funksiyaning ekstremumini qidiring.

Buzilish<2.3>. Bepul istisno qilish zarurati haqida modelning koeffitsienti jarayonning mohiyatidan kelib chiqqan holda baholanadi, natijalarni sifat mezonlari bo'yicha taqqoslash.

X matritsasi haqidagi taxminlarning buzilishi va moslashish usullari

Buzilish <3.1>. x_j regressorlarning bir-biriga bog'liqligi multikollinearlik deb ataladi.

Buzilish belgilari: juftlashgan korrelyatsiya koeffitsientlarining mavjudligi $r_{x_i x_j}$ regressorlar orasidagi noldan sezilarli darajada farq qiladi; yaqinlik $\det(X^T X)$ nolga teng.

Moslashuv: markazlashtirish operatsiyasi, noto'g'ri baholash, regressorlar soni bilan $p \leq 20 \div 40$ – bosqichli regressiya. To'liq multicol-linearlikdan qutulish har doim ham mumkin emas. Eng oson yo'li: modeldan juft qiymatlarga ega bo'lgan bir nechta korrelyatsiya (dublikat) regressorlarni chiqarish korrelyatsiya koeffitsientlari $r_{x_i x_j} \geq 0,8$

Buzilish <3.2>. Buzilishning bilvosita belgilari: S modelining standart xatosi va prognozning aniqligi o'rtasidagi keskin farq σ_{Δ} , nazorat namunasidan hisoblab chiqilgan.

Moslashuv: tasodifiy koeffitsientlar bilan shartli regressiyaning hisoblash sxemasini qo'llash.

Vektor haqidagi taxminlarning buzilishi e va moslashish usullari

Buzilish <4.1>. Buzilishning bilvosita belgilari: mavjudligi grafikdagi heteroskedastiklik ($d, \hat{y}$).

Geteroskedastizm - bu turg'unlik hodisasi $\hat{y}$ o'zgaruvchining dispersiyasi yoki regressorlar x_j .

Moslashuv: y javobini o'zgartirish va kerak bo'lganda regressorlar x_j .

Buzilish <4.2>. Buzilish belgilari: jadvallarda mavjudligi 3S bandidan tashqari nuqtalarning qoldiqlari (dyx) Shuningdek, taqsimotning normalligini tekshirish uchun analitik mezonlardan foydalaniladi: X2 mezon, Kolmogorov-Smirnov ($n \geq 100$), Kolmogorov-Smirnov ($n \leq 20$), Aivazyan usuli.

Moslashuv: cheklovchilarni olib tashlash, ishonchli (barqaror) baholash usullarini qo'llash.

Buzilish <4.3>. Agar erkin koeffitsient mavjud bo'lsa, modelda bu taxmin alohida e'tibor talab qilmaydi. Agar $\bar{d}$ qiymati noldan farq qiladi, bu hisob-kitoblardagi xatolarni ko'rsatadi.

Buzilish <4.4>. Buzilish belgilari: qoldiq uchastkalarida heteroskedastlikning mavjudligi ($d, \hat{y}, x_j$).

Moslashuv: dispersiyaning bir jinsli emasligini analitik usul bilan tavsiflash nisbatlar, tortilgan eng kichik kvadratlar.

Buzilish <4.5>. Buzilish belgilari: qoldiqlar syujetida tendentsiyalarning mavjudligi (d, t) bu erda t - kuzatish vaqti yoki

soni; Durbin-Uotson testi bo'yicha e_i (birinchi tartibli avtoregressiyalar) o'rtasidagi o'zaro bog'liqliklarning mavjudligi .

Moslashuv: nuqtai nazaridan chiziqli yoki chiziqli bo'lmagan atamani kiritish vaqt t . Agar bundan keyin avtoregressiya saqlanib qolsa, u holda umumlashtirilgan eng kichik kvadratlar usuli qo'llaniladi.

Y vektori haqidagi taxminlarning buzilishiva moslashish usullari
Buzilish <5.1>. Buzilish belgilari: to'liq bo'lmagan ariza ro'yxatga olish usuli.

Moslashuv: agar to'liq qidiruv usulini qo'llashning iloji bo'lmasa, tarmoq va bog'langan usullar, soxta mantiqiy optimallashtirish, bosqichma-bosqich regressiya, genetik algoritmlar qo'llaniladi.

Buzilish<5.2>. Buzilish belgilari: javoblarning muhim juft korrelyatsiya koeffitsientlarining mavjudligi $r_{y_i y_j}$.

Moslashuv: Model parametrlarini baholash uchun foydalaning bilvosita eng kichik kvadratlar usuli, ikki bosqichli usul eng kichik kvadratlar; uch bosqichli eng kichik kvadratlar usuli va boshqalar.

Strukturaviy aniqlash usullari

To'liq qidirish usuli barcha mumkin bo'lgan 2^p regressiya modellarini qurishni o'z ichiga oladi. Modellar bir-biri bilan taqqoslanadi.

va eng yaxshisi berilgan sifat mezoniga muvofiq tanlanadi (standart xatolik, Fisher mezon va boshqalar).

To'liq qidiruv usulini amalga oshirishdagi asosiy muammo mashina vaqtining ortiqcha xarajatlari. Natijada, to'liq ro'yxatga olish o'rniga, sanab o'tilgan modellar soni p ga teng bo'lgan qidirish usullari qo'llaniladi.

Odatda qidiruv usulining to'g'riligi haqidagi <5.1> sharti multikollinearlik, regressorlar soni bo'lsa buziladi, etarlicha katta va barcha tuzilmalarni to'liq sanab bo'lmaydi.

Usulni yoqish

Kesish va bittani o'z ichiga olgan modeldan boshlang y bog'liq o'zgaruvchisi bilan eng ko'p korrelyatsiya qiluvchi omil.

Keyin omillar ketma-ket tartibda modelga qo'shiladi y javobi bilan ularning qisman korrelyatsiya koeffitsientlarini oshirish.

Har bir bosqichda kiritilgan x omil uchun F-statistika ($F_{xj} = t_{bj}^2$) qiymati hisoblab chiqiladi va F_{tabl} jadval qiymati bilan taqqoslanadi. $F_{xj} \leq F_{tabl}$ tengsizlik qanoatlansa, yangi regressorlarni kiritish to'xtaydi.

Cheklash usuli

Barcha omillarni o'z ichiga olgan to'liq modeldan boshlang. Har bir regressor x_j uchun F-statistika qiymati (F_{xj}). Fisher statistikasi qiymatlari to'plamidan $\{F_{xj}\}$ eng kichik qiymatga ega F-statistika tanlanadi va F_{table} jadvali bilan solishtiriladi. Agar $F_{xj} \leq F_{table}$ bo'lsa, u holda x_j ga mos keladigan regressor modeldan olinadi va model koeffitsientlari bu omilsiz qayta hisoblab chiqiladi.

Fisher statistikasining qiymatlari to'plamidan $\{F_{xj}\}$ eng kichik qiymatga ega F-statistika tanlanadi va jadval bilan solishtiriladi F_{tabl} . Agar $F_{x_{jmin}} \leq F_{tabl}$ bo'lsa, u holda $F_{x_{jmin}}$ ga mos keladigan regressor modeldan olinadi va model koeffitsientlari bu omilsiz qayta hisoblab chiqiladi.

Agar biror qadamda barcha $F_{x_{jmin}} > F_{tabl}$ bo'lsa, u holda istisno to'xtaydi.

Usulni istisno bilan kiriting

Ishga kiritish va chiqarib tashlash usullaridan foydalanganda agar omillarning kuchli multikollinearligi mavjud bo'lsa, modelda qo'shimcha omillar bo'lishi mumkin. Faktor modelga dastlabki bosqichda, boshqa omillar bilan bog'liqlik tufayli keyingi bosqichda kiritilganligi sababli modelda ma'lumotsiz bo'lishi mumkin. Bu kamchilik o'z ichiga olgan usulda ma'lum darajada bartaraf etiladi ikkala protseduradan foydalanish - ham kiritish, ham chiqarib tashlash.

Ushbu protseduralarning har biri uchun muhim ahamiyatga ega F-statistik qiymati: kiritish uchun F_{tabl1} va istisno qilish uchun F_{tabl2} . Usulning g'oyasi: qo'shilishning har bir bosqichida, shu bilan bog'liq holda, istisno qilinishi kerak bo'lgan modelda ahamiyatsiz regressorlar paydo bo'ladimi yoki yo'qmi tekshiriladi.

Nazorat uchun savollar

1. Optimalni topishda asosiy muammo nimada regressiya?
2. Katta sonni kiritish qanday oqibatlarga olib keladigan modeldagi omillar?
3. Aniqlanmagan model nimaga olib keladi?
4. Qaysi chora-tadbirlar qidiruv uchun eng mos keladigan optimal model?
5. Regressiya tahlilining asosiy taxminlari nimalardan iborat namuna haqida.
6. Model parametr vektori qanday taxminlarni qondirishi kerak?
7. X matritsasi haqida qanday taxminlar mavjud?
8. Xato vektor e haqida qanday taxminlar mavjud?
9. Y vektoriga oid qo'shimcha taxminlarni sanab o'ting.
10. Moslashuvchan regressiyani modellashtirish yondashuvi qanday bosqichlardan iborat?
11. Odatda regressiya tahlili qanday amalga oshiriladi?
12. V vektor haqidagi farazlarning buzilishi belgilari qanday?
13. Taxminlarning buzilishiga moslashish usullarini ayting V vektori haqida.
14. X matritsa haqidagi farazlarning buzilishining belgilari qanday?
15. Taxminlarning buzilishiga moslashish usullarini ayting X matritsasi haqida.
16. Xato vektor e haqidagi farazlarning buzilishi belgilari qanday?
17. Taxminlarning buzilishiga moslashish usullarini ayting xato vektori e haqida .
18. Y vektor haqidagi farazlarning buzilishi belgilari qanday?
19. Taxminlarning buzilishiga moslashish usullarini ayting Y vektori haqida.
20. Qo'pol kuch usulining mohiyati nimada?
21. Inklyuziya usuli nima? Istisnolarmi?
22. Qo'shish-bilan-chiqib chiqarish usulining g'oyasi nima?

MAVZU: EKONOMETRIK MODELLARNING SIFATINI UMUMIY BAHOLASH

1. Ekonometrik modellarning iqtisodiy tahlilida verifikatsiya bosqichining ahamiyati.
2. Ekonometrik modellar sifati va ahamiyatini mezonlar bo'yicha baholash.
3. Gomoskedatlik va geteroskedatlikni aniqlash uchun testlar.
4. Ekonometrik modellardagi parametrlarni iqtisodiy jihatdan baholash mezonlari.

Tahlil qilinayotgan qatorlar dinamikasi har doim anchagina uzunroq qatorlarning tanlamasi hisoblanadi. Shuning uchun korrelyasion-regerssion tahlil asosida olingan ekonometrik modellarning ishonchligini har tomonlama tekshirish va baholash lozim.

Tuzilgan ekonometrik ahamiyatligi, ishonchliligi 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 korrelyasiya koeffisiyenti va determinasiya koeffisiyenti yordamida baholash.
3. Ekonometrik model parametrlarini Styudent mezoni yordamida baholash
4. Qatorlarda qoldiq avtokorrelyasiyani Darbin-Uotson mezoni bo'yicha baholash

Fisherning Z mezoni. Ingliz statistigi Fisher korrelyasion va regression tahlillarning ishonchliligini tekshirish uchun logarifmik funksiyadan foydalanish usulini ishlab chiqdi:

$$z = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+r}{1-r} \right) \quad (1)$$

z taqsimot kichik tanlamada normal taqsimotga yaqin bo'ladi. F.Mills $n=12$ va $\rho=0,8$ da (ρ -bosh to'plamda korrelyasiya koeffisiyenti) r va

z taqsimot grafigini o'tkazadi. z ning o'rtacha kvadratik xatosi quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$\sigma_z = \frac{1}{\sqrt{n-3}}. \quad (2)$$

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 korrelyasion va regression tahlil natijalari ishonchliligini tekshirish uncha qiyin bo'lmaydi.

Styudentning t mezon. Mazkur mezon Styudent taxallusli ingliz matematigi Uilyam Gosset tomonidan ishlab chiqilgan.

Styudentning t taqsimoti kichik tanlamalar uchun maxsus belgilangan. t taqsimot taqsimlagichli suratga ega bo'lgan qiymat munosabatlarida, keyinchalik arifmetik o'rtacha qiymat taqsimlashda uchraydi

$$t = \frac{\bar{x} - m}{\sigma_x^-} \sqrt{\nu + 1}, \quad (3)$$

bu yerda, m - bosh o'rtacha;

ν - erkinlik darajasi soni $(n-1)$;

$\bar{x}$, σ_x^- - tegishli tanlama to'plam arifmetik o'rtacha qiymati va o'rtacha kvadratik chetlanishi.

Juft korrelyasiya koeffitsiyentini tekshirish uchun $n-2$ erkinlik darajasini t taqsimotga ega bo'lgan formula orqali qiymati aniqlanadi. Agar $t_r > t$ bo'lsa, nolinci gipotezani qo'llab bo'lmaydi va binobarin bosh to'plamda chiziqli korrelyasiya mavjud. Uning ishonchli ta'rifi sifatida korrelyasiyaning chiziqli koeffitsiyenti namoyon bo'ladi.

Juft korrelyasiya koeffitsiyentini tekshirish uchun $n-2$ erkinlik darajasini t taqsimotga ega bo'lgan formula orqali qiymati aniqlanadi.

Agar $t_r > t$ bo'lsa, nolinci gipotezani qo'llab bo'lmaydi va binobarin bosh to'plamda chiziqli korrelyasiya mavjud. Uning ishonchli ta'rifi sifatida korrelyasiyaning chiziqli koeffitsiyenti namoyon bo'ladi. Chiziqsiz bog'lanishda R to'plam korrelyasiyasining indeksi ishonchliligi ham xuddi shu usulda tekshiriladi. Bunday holda

(4) formuladagi korrelyasiya koeffitsiyenti korrelyasiya indeksi R bilan almashtiriladi. To'plam korrelyasiya koeffitsiyenti R kvadratik xatoga ega

$$\sigma_R = \frac{1 - R^2}{\sqrt{n - k - 1}}, \quad (5)$$

bu yerda, k - regressiya koeffitsiyentlari soni.

Shunday qilib, t mezonning empirik qiymati quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$t_R = \frac{R\sqrt{n - k - 1}}{1 - R^2}, \quad (6)$$

bu yerda, $n - k - 1$ - erkinlik darajalari soni;

t_R - jadvaldagi qiymati bilan solishtiriladi;

$n - 2$ - erkin darajalari bilan t taqsimotga ega bo'lgan

$$t_{a_j} = \frac{a_i}{\sigma_{a_j}}, \quad (7)$$

qiymati asosida regressiya koeffitsiyentlarining ishonchligi tekshiriladi.

Ekonometrik modellarni tahlil qilayotganda darajalar tebranuvchanligi ikki jihatdan qaralishi mumkin. Birinchidan, ular o'rganilayotgan jarayon yoki hodisalarning rivojlanish qonuniyatlari namoyon bo'lishi uchun halaqit qiladigan «tasodifiy to'siqlar» yoki «axborot shovqinlari» sifatida talqin etiladi. Shu sababli darajalarni ulardan «tozalash», ya'ni tasodifiy to'siqlarni dinamikaning juz'iy tomonlari sifatida bartaraf qilish yoki juda bo'lmaganda ta'sir kuchini zaiflashtirish yo'llarini topish va ilmiy asoslash zaruriyati tug'iladi.

Avtokorrelyasiya- bu keyingi darajalar bilan oldingilari o'rtasidagi yoki haqiqiy darajalari bilan tegishli tekislangan qiymatlari o'rtasidagi farqlar orasidagi korrelyasiyadir.

Hozirgi vaqtda avtokorrelyasiya mavjudligini tekshirishda Darbin – Uotson mezoni qo'llanadi:

$$DW = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (Y_i - Y_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^{n-1} Y_i^2}$$

DW mezonning mumkin bo'lgan qiymatlari 0–4 oraliqda yotadi. Agar qatorda avtokorrelyasiya bo'lmasa, uning qiymatlari 2 atrofida tebranadi. Hisoblab topilgan haqiqiy qiymatlari jadvaldagi kritik qiymat bilan taqqoslanadi. Agarda $DW_{\text{haq}} < DW_{\text{past}}$ bo'lsa, qator avtokorrelyasiyaga ega; $DW_{\text{haq}} > DW_{\text{yuqori}}$ bo'lsa u avtokorrelyasiyaga ega emas; $DW_{\text{past}} < DW_{\text{haq}} < DW_{\text{yuqori}}$ bo'lsa, tekshirishni davom ettirish lozim. Bu yerda DW_{past} va DW_{yuqori} – mezonning quyi va yuqori chegaralari. Salbiy avtokorrelyasiya mavjud (minus ishoraga ega) bo'lsa, u holda mezon qiymatlari 2–4 orasida yotadi, demak, tekshirish uchun $DW'' = 4 - DW$ qiymatlarini aniqlash kerak

Mustaqil bajarish uchun vazifalar:

Ko'p omilli regressiya mavzusida berilgan mustaqil bajarish uchun vazifalar variantlaridan foydalaning.

Tavsiya etiladigan adabiyotlar

1. Babeshko L.O. Основы эконометрического моделирования: Учеб. пособ. –М.: КомКнига, 2010. 159-173 str.
2. Kremer N.Sh. Эконометрика: Учебник. –М.: ЮНИТИ-DANA, 2008. 189-198 str.
3. Abdullayev O.M., Xodiyev B.Yu., Ishnazarov A.I. Эконометрика. Учебник. –Т.: Fan va texnologiya. 2007. 53-65 bet
4. Yelisseyeva. I.I., Kurysheva S.V. i dr. Эконометрика: Учебник. – М.: Финансы i statistika, 2007. 274-293 str.
5. Ishnazarov A.I., Nurullayeva Sh.T., Mo'minova M.A. "Эконометрика" o'quv fani bo'yicha ta'lim texnologiyasi. "Iqtisodiy ta'limda o'qitish texnologiyasi" qatorsidan. –Т.: TDIU, 2006. 140-145 bet.

Nazorat uchun savollar:

1. Avtokorrelyasiya qachon vujudga keladi?
2. Avtokorrelyasiyani necha xil usul yordamida bartaraf etish mumkin?
3. Эконометрик modelni real o'rganilayotgan jarayonga mos kelishini qaysi mezon yordamida aniqlash mumkin?
4. Эконометрик modeldagi parametrlardan birortasi ishonchsiz bo'lsa, uni nima qilish mumkin?
5. Darbin-Uotson mezoni qiymati qaysi oraliqda o'zgaradi?

MAVZU: TENGLAMALAR TIZIMI KO'RINISHIDAGI EKONOMETRIK MODELLAR

1. Modelning strukturaviy va qisqartirilgan shakllari
2. Identifikatsiya muammosi
3. Strukturaviy model parametrlarini baholash
4. Misol va masalalar

1. Modelning strukturaviy va qisqartirilgan shakllari

Bir vaqtning o'zida tenglamalar tizimi - o'rganilayotgan tenglamalar munosabatlarini tavsiflovchi o'zaro bog'liq tenglamalar tizimidagi jarayonlar.

Bir vaqtning o'zida tenglamalar tizimida bir xil bog'liq o'zgaruvchilar ba'zi tenglamalarning chap qismlarida, boshqa tenglamalarda esa - tizimning o'ng qismlarida joylashgan. Bir vaqtning o'zida tenglamalar tizimini tasvirlashning bunday shakli tizimli deb ataladi, modelning shakli va shaklga ega.

$$\begin{cases} y_1 = b_{12} \cdot y_2 + b_{13} \cdot y_3 + \dots + b_{1n} \cdot y_n + a_{11} \cdot x_1 + a_{12} \cdot x_2 + \dots + a_{1m} \cdot x_m + e_1 \\ y_2 = b_{21} \cdot y_1 + b_{23} \cdot y_3 + \dots + b_{2n} \cdot y_n + a_{21} \cdot x_1 + a_{22} \cdot x_2 + \dots + a_{2m} \cdot x_m + e_2 \\ \dots \\ y_n = b_{n1} \cdot y_1 + b_{n2} \cdot y_2 + \dots + b_{nn-1} \cdot y_{n-1} + a_{n1} \cdot x_1 + a_{n2} \cdot x_2 + \dots + a_{nm} \cdot x_m + e_n \end{cases} \quad (5.1)$$

$y_1, y_2, \dots, y_n$ sistemaning qaram o'zgaruvchilari endogen o'zgaruvchilar deyiladi. Ularning soni tizimdagi tenglamalar soniga teng.

Endogen o'zgaruvchilarga ta'sir qiluvchi, lekin ularga bog'liq bo'lmagan oldindan belgilangan $x_1, x_2, \dots, x_m$ o'zgaruvchilar ekzogen o'zgaruvchilar deyiladi.

Modelning strukturaviy shaklining koeffitsientlari b_i da endogen o'zgaruvchilar va ekzogen o'zgaruvchilarga ega a_j modelning *tuzilmaviy koeffitsientlari* deyiladi.

Modelning strukturaviy shaklida erkin koeffitsient yo'q, chunki modeldagi barcha o'zgaruvchilar o'zgaruvchilardan og'ishlarda ifodalanadi. O'rtacha qiymat, ya'ni x mos ravishda $x - \bar{x}$, y esa $y - \bar{y}$ degan ma'noni anglatadi.

Bir vaqtning o'zida tenglamalar tizimining parametrlarini baholash uchun oddiy eng kichik kvadratlar usuli qo'llanilmaydi, chunki tizimning barcha tenglamalari bir-biriga bog'langan va ularni alohida ko'rib chiqish mumkin emas. Shuning uchun modelning strukturaviy koeffitsientlarini baholash uchun maxsus baholash usullari qo'llaniladi. Buning uchun modelning strukturaviy shakli modelning qisqartirilgan shakliga aylantiriladi, bu ekzogen o'zgaruvchilar endogenning chiziqli funktsiyalari tizimidir

$$\begin{cases} y_1 = \delta_{11} \cdot x_1 + b_{12} \cdot x_2 + \dots + \delta_{1m} \cdot x_m, \\ y_2 = \delta_{21} \cdot x_1 + b_{22} \cdot x_2 + \dots + \delta_{2m} \cdot x_m, \\ \dots \\ y_n = \delta_{n1} \cdot x_1 + b_{n2} \cdot x_2 + \dots + \delta_{nm} \cdot x_m, \end{cases} \quad (5.2)$$

bu yerda: δ_i - modelning kichraytirilgan shaklining koeffitsientlari.

Uning tuzilishida modelning qisqartirilgan shakli ifodalanadi mustaqil tenglamalar tizimidir, shuning uchun uning parametrlari odatdagi eng kichik kvadratlar usuli yordamida baholanadi.

Modelning qisqartirilgan shaklining koeffitsientlari modelning strukturaviy shakli koeffitsientlarining chiziqli bo'lmagan funktsiyalari.

Modelning qisqartirilgan shakli analitik jihatdan tizimlidan past. modelning shakli, chunki u endogen o'zgaruvchilar o'rtasidagi munosabatlarni baholashga ega emas.

2. Identifikatsiya muammosi

Modelning qisqartirilgan shaklidan strukturaga o'tishda tadqiqotchi identifikatsiya qilish muammosiga duch keladi.

Identifikatsiya - yozishmalarning o'ziga xosligi modelning qisqartirilgan va strukturaviy shakllari o'rtasida.

Aniqlanish nuqtai nazaridan strukturaviy modellar uch turga bo'linadi:

- koeffitsientlar soni aniqlangan modellar, modelning strukturaviy shakli qisqartirilgan shaklning koeffitsientlari soniga teng, ya'ni

barcha strukturaviy koeffitsientlar modelning qisqartirilgan shakli koeffitsientlari bilan yagona aniqlanadi;

- koeffitsientlar soni aniqlanmaydigan modellar, modelning strukturaviy shakli qisqartirilgan shakl koeffitsientlari sonidan ko'p bo'lsa, ya'ni modelning qisqartirilgan shakli koeffitsientlari orqali strukturaviy koeffitsientlarni aniqlab bo'lmaydi;
- haddan tashqari aniqlangan modellar, bunda modelning strukturaviy shakli koeffitsientlari soni qisqartirilgan shakldagi koeffitsientlar sonidan kam bo'ladi, ya'ni strukturaviy koeffitsientlar modelning qisqartirilgan shakli koeffitsientlari bilan noaniq tarzda aniqlanishi mumkin.

Identifikatsiya qilish uchun tizimli modelni o'rganishda tizimning har bir tenglamasini tekshirish kerak. Agar tizimning har bir tenglamasi aniqlansa, model identifikatsiya qilinadigan hisoblanadi. Agar tizim tenglamalaridan kamida bittasi aniqlansa, u holda butun model aniqlanmaydi.

Tenglamaning aniqlanishi uchun zaruriy shart. H - tizim tenglamasida mavjud bo'lgan endogen o'zgaruvchilar soni, D - tizimda mavjud bo'lgan, lekin bu tenglamaga kiritilmagan ekzogen (oldindan belgilangan) o'zgaruvchilar soni, keyin

- sistema tenglamasi aniqlanishi mumkin, agar $D \leq H$ bo'lsa;
- tenglama aniqlanmaydi, agar $D > H$;
- agar $D > H$ bo'lsa, tenglama haddan tashqari aniqlanishi mumkin

Tenglamani identifikatsiya qilishning etarli sharti: tenglamani aniqlash mumkin, agar unda etishmayotgan o'zgaruvchilardan (endogen va ekzogen) foydalanib, determinanti bo'lgan tizimning boshqa tenglamalarida ular uchun koeffitsientlardan matritsa olish mumkin bo'lsa. nolga teng emas va matritsaning darajasi bittasiz tizimdagi endogen o'zgaruvchilar sonidan kam emas.

3. Strukturaviy model parametrlarini baholash

Strukturaviy modelning koeffitsientlarini baholash usullari:

- eng kichik kvadratlarning bilvosita usuli;
- ikki bosqichli eng kichik kvadratlar usuli;
- uch bosqichli eng kichik kvadratlar usuli;

- to'liq ma'lumotga ega bo'lgan maksimal ehtimollik usuli;
- cheklangan bilan maksimal ehtimollik usuli haqida ma'lumot.

Ishda bilvosita eng kichik kvadratlar usuli qo'llaniladi, aniq identifikatsiya qilinadigan strukturaviy model va quyidagi bosqichlarni o'z ichiga oladi:

1) strukturaviy model qisqartirilgan shaklga aylantiriladi modellar;

2) modelning qisqartirilgan shaklining har bir tenglamasi uchun qisqartirilgan koeffitsientlar odatiy eng kichik kvadratlar usuli bilan baholanadi;

3) algebraik o'zgartirishlar yordamida modelning kichraytirilgan shaklining koeffitsientlari modelning strukturaviy koeffitsientlariga aylantiriladi.

Haddan tashqari aniqlangan tizim uchun ikki bosqichli eng kichik kvadratlar usuli qo'llaniladi.

Ikki bosqichli eng kichik kvadratlar usuli g'oyasi: modelning qisqartirilgan shakliga asoslanib, haddan tashqari aniqlangan tenglama uchun tenglamaning o'ng tomonida joylashgan endogen o'zgaruvchilarning nazariy qiymatlarini oling. Keyinchalik, ularni haqiqiy qiymatlar o'rniga qo'yib, biz haddan tashqari aniqlangan tenglamaning tizimli shakliga odatiy eng kichik kvadratlar usulini qo'llaymiz.

Uch bosqichli eng kichik kvadratlar usuli tizimning turli tuzilmaviy tenglamalaridagi qoldiqlar bir-biri bilan korrelyatsiya qilganda qo'llaniladi.

Asosan, uch bosqichli eng kichik kvadratlar usulini qo'llash ikki bosqichli usul natijalariga umumlashtirilgan eng kichik kvadratlar usulini qo'llashni anglatadi:

1) tizimning koeffitsientlari eng kichik kvadratlarning ikki bosqichli usuli yordamida baholanadi;

2) har bir strukturaviy tenglama uchun qoldiqlar hisoblanadi;

3) qoldiqlarning kovariantlari matritsasi aniqlanadi;

4) bir vaqtda tenglamalar tizimining koeffitsientlari umumlashtirilgan eng kichik kvadratlar usuli bilan baholanadi.

3. Misol va masalalar

1. Sinxron tenglamalar sistemasi modelining strukturaviy shakli berilgan:

$$\begin{cases} y_1 = b_{12} \cdot y_2 + b_{11} \cdot y_1 \\ y_2 = b_{21} \cdot y_1 + b_{22} \cdot x_2 \end{cases},$$

Modelning qisqartirilgan shakli shaklga ega

$$\begin{cases} y_1 = \delta_{11} \cdot x_1 + \delta_{12} \cdot x_2 \\ y_2 = \delta_{21} \cdot x_1 + \delta_{22} \cdot x_2 \end{cases}.$$

Qisqartirilgan model koeffitsientlarini strukturaviy koeffitsientlar bilan ifodalang.

Shatr: Tizim ikkita endogen o'zgaruvchini y_1, y_2 va ikkita ekzogen o'zgaruvchini x_1, x_2 o'z ichiga oladi.

Modelning strukturaviy shaklining birinchi tenglamasidan y_2 endogen o'zgaruvchisini ifodalaymiz, biz quyidagilarni olamiz:

$$y_2 = \frac{y_1 - a_{11}x_1}{b_{12}}.$$

Ushbu ifodani y_2 o'rniga modelning strukturaviy shaklining ikkinchi tenglamasiga almashtiramiz, biz quyidagilarni olamiz:

$$\frac{y_1 - a_{11}x_1}{b_{12}} = b_{21}y_1 + a_{22}x_2,$$

$$y_1 - a_{11}x_1 = b_{12}b_{21}y_1 + b_{12}a_{22}x_2,$$

$$y_1(1 - b_{12}b_{21}) = a_{11}x_1 + b_{12}a_{22}x_2.$$

Shunda y_1 o'zgaruvchisi ko'rinishdagi ekzogen o'zgaruvchilar ko'rinishida ifodalanishi mumkin

$$y_1 = \frac{a_{11}x_1 + b_{12}a_{22}x_2}{1 - b_{12}b_{21}} = \frac{a_{11}}{1 - b_{12}b_{21}} x_1 + \frac{b_{12}a_{22}}{1 - b_{12}b_{21}} x_2.$$

Bu ifodani y_1 o'rniga y_2 ifodasiga qo'yib, biz quyidagilarni olamiz:

$$y_1 = \frac{a_{11}x_1 + b_{12}a_{22}x_2}{1 - b_{12}b_{21}} = \frac{a_{11}}{1 - b_{12}b_{21}} x_1 + \frac{b_{12}a_{22}}{1 - b_{12}b_{21}} x_2.$$

$$y_2 = \frac{y_1 - a_{11}x_1}{b_{12}} = \frac{a_{11}}{b_{12}(1 - b_{12}b_{21})} x_1 + \frac{b_{12}a_{22}}{b_{12}(1 - b_{12}b_{21})} x_2 - \frac{a_{11}}{b_{12}} x_1,$$

$$y_2 = \frac{a_{11} - a_{11}(1 - b_{12}b_{21})}{b_{12}(1 - b_{12}b_{21})} x_1 + \frac{a_{22}}{1 - b_{12}b_{21}} x_2,$$

$$y_2 = \frac{a_{11}(1 - 1 + b_{12}b_{21})}{b_{12}(1 - b_{12}b_{21})} x_1 + \frac{a_{22}}{1 - b_{12}b_{21}} x_2,$$

Nihoyat, y_2 endogen o'zgaruvchisi uchun quyidagi ifodani olamiz:

$$y_2 = \frac{a_{11}b_{21}}{1 - b_{12}b_{21}} x_1 + \frac{a_{22}}{1 - b_{12}b_{21}} x_2.$$

Shuning uchun modelning qisqartirilgan shakli o'xshaydi

$$\begin{cases} y_1 = \frac{a_{11}}{1 - b_{12}b_{21}} x_1 + \frac{a_{22}b_{12}}{1 - b_{12}b_{21}} x_2. \\ y_2 = \frac{a_{11}b_{21}}{1 - b_{12}b_{21}} x_1 + \frac{a_{22}}{1 - b_{12}b_{21}} x_2. \end{cases}$$

Strukturaviy koeffitsientlar orqali modelning qisqartirilgan koeffitsientlari quyidagilarga teng bo'ladi:

$$\delta_{11} = \frac{a_{11}}{1 - b_{12}b_{21}}, \delta_{12} = \frac{a_{22}b_{12}}{1 - b_{12}b_{21}}$$

$$\delta_{21} = \frac{a_{11}b_{21}}{1 - b_{12}b_{21}}, \delta_{22} = \frac{a_{22}}{1 - b_{12}b_{21}}$$

2-misol. Bir vaqtda tenglamalar sistemasi berilgan:

$$\begin{cases} y_1 = b_{12} \cdot y_2 + b_{13} \cdot y_3 + a_{11} \cdot x_1 + a_{12} \cdot x_2 \\ y_2 = b_{21} \cdot y_1 + b_{22} \cdot x_2 + a_{23} \cdot x_3 + a_{24} \cdot x_4. \\ y_3 = b_{31} \cdot y_1 + b_{32} \cdot y_2 + a_{31} \cdot x_1 + a_{32} \cdot x_2 \end{cases}$$

Identifikatsiya qilish uchun tizimni tekshiring.

Shart: Tizimda uchta endogen o'zgaruvchi y_1, y_2, y_3 va to'rtta ekzogen o'zgaruvchi x_1, x_2, x_3, x_4 mavjud.

Tizimning birinchi tenglamasini ko'rib chiqing.

Kerakli identifikatsiya shartining bajarilishi uchun tenglamani tekshiramiz.

Tizimning birinchi tenglamasi uchta endogen o'zgaruvchini o'z ichiga oladi y_1, y_2, y_3 , shuning uchun $H = 3$.

Tizimning birinchi tenglamasida ikkita ekzogen o'zgaruvchilar yo'q x_3 va x_4 , shuning uchun $D=2$ sifatida $D + 1 = 2 + 1 = H$, shuning uchun sistemaning birinchi tenglamasi uchun zarur identifikatsiya sharti bajariladi.

Etarli identifikatsiya shartining bajarilishini tekshirib ko'raylik.

Buning uchun tenglamada etishmayotgan o'zgaruvchilarga (endogen va ekzogen) ko'ra, tizimning boshqa tenglamalarida ulardagi koeffitsientlardan biz matritsa tuzamiz:

Tenglama raqami	Yo'qolgan o'zgaruvchilar	
	x_3	x_4
2	a_{23}	a_{24}
3	0	0

Olingan matritsaning determinantini hisoblang: $\det A = a_{23} \cdot 0 - 0 \cdot a_{24} = 0$,

demak, etarli identifikatsiya sharti bajarilmaydi, tenglama aniqlanmaydi.

Tizimning ikkinchi tenglamasini ko'rib chiqing.

Kerakli identifikatsiya shartining bajarilishi uchun tenglamani tekshiramiz.

Tizimning ikkinchi tenglamasi ikkita endogen o'zgaruvchini o'z ichiga oladi.

y_1 va y_2 , shuning uchun $H=2$. Tizimning ikkinchi tenglamasida bitta ekzogen o'zgaruvchi x_1 yo'q, shuning uchun $D = 1$ sifatida $D+1=1+1=2=H$, shuning uchun sistemaning ikkinchi tenglamasi uchun zarur identifikatsiya sharti bajariladi.

Etarli identifikatsiya shartining bajarilishini tekshirib ko'raylik.

Buning uchun tenglamada etishmayotgan o'zgaruvchilarga (endogen va ekzogen) ko'ra, tizimning boshqa tenglamalarida ulardagi koeffitsientlardan biz matritsa tuzamiz:

Tenglama raqami	O'zgaruvchilar	
	y_3	x_1
1	b_{13}	a_{11}
3	-1	a_{31}

Olingan matritsaning determinantini hisoblang: $\det A = b_{13} \cdot a_{31} + 1 \cdot a_{11} \neq 0$, matritsaning darajasi 2 ga teng, bu tizimdagi bittasiz endogen o'zgaruvchilar sonidan kamroq, shuning uchun etarli identifikatsiya sharti bajarilmaydi va tenglama aniqlanmaydi.

Tizimning uchinchi tenglamasini ko'rib chiqing.

Kerakli identifikatsiya shartining bajarilishi uchun tenglamani tekshiramiz.

Tizimning uchinchi tenglamasi uchta endogen o'zgaruvchini o'z ichiga oladi y_1, y_2, y_3 , shuning uchun $H=3$. Tizimning uchinchi tenglamasida ikkita ekzogen o'zgaruvchilar x_3 va x_4 yo'q, shuning uchun $D=2$. sifatida $D+1=2+1=3=H$, shuning uchun sistemaning uchinchi tenglamasi uchun zarur identifikatsiya sharti bajariladi.

Etarli identifikatsiya shartining bajarilishini tekshirib ko'raylik.

Buning uchun tenglamada etishmayotgan o'zgaruvchilarga (endogen va ekzogen) ko'ra, tizimning boshqa tenglamalarida ulardagi koeffitsientlardan biz matritsa tuzamiz: Buning uchun tenglamada etishmayotgan o'zgaruvchilarga (endogen va ekzogen) ko'ra, tizimning boshqa tenglamalarida ulardagi koeffitsientlardan biz matritsa tuzamiz:

Tenglama raqami	Yo'qolgan o'zgaruvchilar	
	x_3	x_4
1	0	0
2	a_{23}	a_{24}

Olingan matritsaning determinantini hisoblang: $\det A = 0 \cdot a_{24} - a_{23} \cdot 0 = 0$, shuning uchun etarli identifikatsiya sharti bajarilmaydi, tenglama aniqlanmaydi.

Demak, bir butun sifatida ko'rib chiqilayotgan strukturaviy model zaruriy shart bilan aniqlanishi mumkin, ammo etarli shart bilan aniqlanishi mumkin emas.

Misol 3. Modelning strukturaviy shakli berilgan:

$$\begin{cases} y_1 = b_{12} \cdot y_2 + a_{11} \cdot x_1 + a_{12} \cdot x_2 \\ y_2 = b_{21} \cdot y_1 + b_{22} \cdot y_3 + a_{23} \cdot x_3 \\ y_3 = b_{32} \cdot y_2 + b_{31} \cdot x_1 + a_{33} \cdot x_3 \end{cases}$$

Modelning qisqartirilgan shakli shaklga ega

$$\begin{cases} y_1 = 3 \cdot x_1 - 6 \cdot x_2 + 2 \cdot x_3 \\ y_2 = 2 \cdot x_1 + 4 \cdot x_2 + 10 \cdot x_3 \\ y_3 = -5 \cdot x_1 + 6 \cdot x_2 + 5 \cdot x_3 \end{cases}$$

1) Identifikatsiya qilish uchun modelning strukturaviy shaklini tekshiring.

2) Modelning strukturaviy koeffitsientlarini bilvosita eng kichik kvadratlar orqali aniqlang.

Shart: Model uchta endogen o'zgaruvchiga ega y_1, y_2, y_3 va uchta ekzogen o'zgaruvchilar x_1, x_2, x_3 .

1) Keling, tizimning har bir tenglamasini identifikatsiya qilish uchun zarur va etarli shartlar uchun tekshiramiz.

Tizimning birinchi tenglamasini ko'rib chiqing.

Kerakli identifikatsiya shartining bajarilishi uchun tenglamani tekshiramiz.

Tizimning birinchi tenglamasi ikkita endogen o'zgaruvchini o'z ichiga oladi y_1, y_2 , shuning uchun $H=2$. Tizimning birinchi tenglamasida bitta x_3 ekzogen o'zgaruvchisi yo'q, shuning uchun $D = 1$. sifatida $D + 1 = 1 + 1 = 2 = H$, shuning uchun tizimning birinchi tenglamasi uchun zaruriy identifikatsiya sharti bajariladi va tenglama aniqlanishi mumkin.

Etarli identifikatsiya shartining bajarilishini tekshirib ko'raylik.

Buning uchun tenglamada etishmayotgan o'zgaruvchilarga (endogen va ekzogen) ko'ra, tizimning boshqa tenglamalarida ulardagi koeffitsientlardan biz matritsa tuzamiz:

Tenglama raqami	Yo'qolgan o'zgaruvchilar	
	y_3	x_3
2	b_{23}	0
3	-bir	a_{33}

Olingan matritsaning determinantini hisoblang: $\det A = b_{23} \cdot a_{33} - (-1) \cdot 0 = b_{23} \cdot a_{33} \neq 0$, matritsaning darajasi 2 ga teng, bu tizimdagi bittasiz endogen o'zgaruvchilar soniga teng, shuning uchun etarli identifikatsiya sharti qondiriladi va tenglama aniqlanishi mumkin.

Tizimning ikkinchi tenglamasini ko'rib chiqing.

Kerakli identifikatsiya shartining bajarilishi uchun tenglamani tekshiramiz.

Tizimning ikkinchi tenglamasi uchta endogen o'zgaruvchini o'z ichiga oladi y_1, y^2, y_3 , shuning uchun $H=3$. Tizimning ikkinchi tenglamasida ikkita ekzogen o'zgaruvchilar x_1 va x_3 yo'q, shuning uchun $D=2$. sifatida $D+1=2+1=3=H$ shuning uchun tizimning ikkinchi tenglamasi uchun zaruriy identifikatsiya sharti bajariladi va tenglama aniqlanishi mumkin.

Etarli identifikatsiya shartining bajarilishini tekshirib ko'raylik.

Buning uchun tenglamada etishmayotgan o'zgaruvchilarga (endogen va ekzogen) ko'ra, tizimning boshqa tenglamalarida ulardagi koeffitsientlardan biz matritsa tuzamiz:

Tenglama raqami	Yo'qolgan o'zgaruvchilar	
	x_1	x_3
1	a_{11}	0
3	a_{31}	a_{33}

Olingan matritsaning determinantini hisoblang: $\det A = a_{11} \cdot a_{33} - 0 \cdot a_{31} = a_{11} \cdot a_{33} \neq 0$, matritsaning darajasi 2 ga teng, bu tizimdagi bittasiz

endogen o'zgaruvchilar soniga teng, shuning uchun etarli identifikatsiya sharti qondiriladi va tenglama aniqlanishi mumkin.

Tizimning uchinchi tenglamasini ko'rib chiqing.

Kerakli identifikatsiya shartining bajarilishi uchun tenglamani tekshiramiz.

Tizimning uchinchi tenglamasi ikkita endogen o'zgaruvchini o'z ichiga oladi 3×2 y, shuning uchun $H=2$. Tizimning uchinchi tenglamasida bitta ekzogen o'zgaruvchi x_2 yo'q, shuning uchun $D=1$. sifatida $D+1=1+1=2=H$, shuning uchun tizimning uchinchi tenglamasi uchun zaruriy identifikatsiya sharti bajariladi va tenglama aniqlanishi mumkin.

Etarli identifikatsiya shartining bajarilishini tekshirib ko'raylik.

Buning uchun tenglamada etishmayotgan o'zgaruvchilarga (endogen va ekzogen) ko'ra, tizimning boshqa tenglamalarida ulardagi koeffitsientlardan biz matritsa tuzamiz:

Tenglama raqami	Yo'qolgan o'zgaruvchilar	
	y_1	x_2
1	-1	a_{12}
2	b_{21}	a_{22}

Olingan matritsaning determinantini hisoblang: $\det A = -a_{22} - b_{21} \cdot a_{12} \neq 0$, matritsaning darajasi 2 ga teng, bu tizimdagi bittasiz endogen o'zgaruvchilar soniga teng, shuning uchun etarli identifikatsiya sharti qondiriladi va tenglama aniqlanishi mumkin.

Shuning uchun o'rganilayotgan tizimni aniq aniqlash mumkin, chunki tizimning barcha tenglamalari uchun zarur va etarli identifikatsiya qilish shartlari qondiriladi.

2) Modelning strukturaviy koeffitsientlarini bilvosita eng kichik kvadratlar usuli bilan aniqlaymiz.

a) Modelning qisqartirilgan shaklining ikkinchi tenglamasidan x_3 ni ifodalang:

$$x_3 = \frac{y_2 - 2 \cdot x_1 - 4 \cdot x_2}{10}.$$

Uni modelning qisqartirilgan shaklining birinchi tenglamasiga almashtiring:

$$\begin{aligned} y_1 &= 3 \cdot x_1 - 6 \cdot x_2 + \frac{2(y_2 - 2 \cdot x_1 - 4 \cdot x_2)}{10} = \\ &= 3 \cdot x_1 - 6 \cdot x_2 + \frac{y_2}{5} - \frac{2}{5} \cdot x_1 - \frac{4}{5} \cdot x_2 = \frac{1}{5} \cdot y_2 + \frac{13}{5} \cdot x_1 - \frac{34}{5} \cdot x_2. \end{aligned}$$

Modelning strukturaviy shaklining birinchi tenglamasi shaklga ega

$$y_1 = \frac{1}{5} \cdot y_2 + \frac{13}{5} \cdot x_1 - \frac{34}{5} \cdot x_2.$$

b) Modelning qisqartirilgan shaklining birinchi tenglamasidan x_1 ni ifodalaymiz:

$$x_1 = \frac{y_1 - 6 \cdot x_2 - 2 \cdot x_3}{3}.$$

Modelning qisqartirilgan shaklining uchinchi tenglamasidan x_3 ni ifodalaymiz:

$$x_3 = \frac{y_3 + 5 \cdot x_1 - 6 \cdot x_2}{5}.$$

x_1 ni tenglamaga x_3 almashtiring:

$$\begin{aligned} x_1 &= \frac{y_1}{3} + 2 \cdot x_2 - \frac{2}{3} \left(\frac{y_3}{5} + x_1 - \frac{2}{3} \cdot x_2 \right) = \\ &= \frac{y_1}{3} + 2 \cdot x_2 - \frac{2}{15} \cdot y_3 - \frac{2}{3} \cdot x_1 + \frac{4}{5} \cdot x_2, \\ \frac{5}{3} \cdot x_1 &= \frac{y_1}{3} - \frac{2}{15} \cdot y_3 - \frac{2}{3} \cdot x_1 + \frac{4}{5} \cdot x_2, \\ x_1 &= \frac{1}{5} \cdot y_1 - \frac{2}{25} \cdot y_3 + \frac{42}{25} \cdot x_2 \end{aligned}$$

Endi x_1 ni x_3 ga almashtiramiz:

$$x_3 = \frac{y_3}{5} + \frac{y_1}{5} - \frac{2}{25} \cdot y_3 + \frac{42}{25} \cdot x_2 - \frac{6}{5} \cdot x_2,$$

$$x_3 = \frac{3}{25} \cdot y_3 + \frac{1}{5} \cdot y_1 + \frac{12}{25} \cdot x_2.$$

Olingan x_1 va x_3 ifodalarini modelning qisqartirilgan shaklining ikkinchi tenglamasiga almashtiramiz:

$$\begin{aligned} y_2 &= 2 \left(\frac{1}{5} y_1 - \frac{2}{25} y_3 + \frac{42}{25} x_2 \right) + 4 \cdot x_2 + 10 \cdot \left(\frac{3}{25} y_3 - \frac{1}{5} y_1 + \frac{12}{25} x_2 \right) = \\ &= \frac{2}{5} y_1 - \frac{4}{25} y_3 + \frac{84}{25} x_2 + 4 x_2 + \frac{30}{25} y_2 + 2 y_1 + \frac{24}{5} x_2 = \\ &= \frac{12}{5} y_1 + \frac{26}{25} y_3 + \frac{304}{25} x_2. \end{aligned}$$

Biz modelning strukturaviy shaklining ikkinchi tenglamasini olamiz:

$$y_2 = \frac{12}{5} y_1 + \frac{26}{25} y_3 + \frac{304}{25} x_2.$$

c) Modelning qisqartirilgan shaklining ikkinchi tenglamasidan x_2 ni ifodalaymiz:

$$x_2 = \frac{y_2 - 2 \cdot x_2 - 10 \cdot x_3}{4}.$$

Modelning qisqartirilgan shaklining uchinchi tenglamasiga x_2 ni almashtiring:

$$\begin{aligned} y_3 &= -5 \cdot x_1 + 6 \cdot \left(\frac{y_2 - 2 \cdot x_2 - 10 \cdot x_3}{4} \right) + 5 \cdot x_3 = \\ &= -5 \cdot x_1 + \frac{3}{2} \cdot y_2 - 3 \cdot x_1 - 15 \cdot x_3 = \\ &= -8 \cdot x_1 + \frac{3}{2} \cdot y_2 - 15 \cdot x_3. \end{aligned}$$

Biz modelning strukturaviy shaklining uchinchi tenglamasini olamiz:

$$y_3 = \frac{3}{2} - 8 \cdot x_1 - 10 \cdot x_3.$$

Modelning strukturaviy shakli shaklga ega

$$\begin{cases} y_1 = \frac{1}{5} \cdot y_2 + \frac{13}{5} \cdot x_1 - \frac{34}{5} \cdot x_2 \\ y_2 = \frac{12}{5} \cdot y_1 + \frac{26}{25} \cdot y_3 + \frac{304}{25} \cdot x_2 \\ y_3 = \frac{3}{2} \cdot y_2 - 8 \cdot x_1 - 10 \cdot x_3 \end{cases}$$

Mustaqil bajarish uchun vazifalar:

1. Bir vaqtning o'zida tenglamalar tizimi berilgan:

$$\begin{cases} y_1 = b_{13} \cdot y_3 + a_{11} \cdot x_1 + a_{12} \cdot x_2 + a_{13} \cdot x_3 \\ y_2 = b_{21} \cdot y_1 + b_{23} \cdot y_3 + a_{23} \cdot x_3 + a_{24} \cdot x_4 \\ y_3 = b_{32} \cdot y_2 + b_{31} \cdot x_1 + a_{33} \cdot x_3 + a_{34} \cdot x_4 \end{cases}$$

Identifikatsiya qilish uchun tizimni tekshiring.

2. Bir vaqtda tenglamalar sistemasi berilgan:

$$\begin{cases} y_1 = b_{12} \cdot y_2 + a_{13} \cdot y_3 + a_{12} \cdot x_2 + a_{13} \cdot x_3 \\ y_2 = b_{23} \cdot y_3 + a_{21} \cdot x_1 + a_{22} \cdot x_2 + a_{24} \cdot x_4 \\ y_3 = b_{31} \cdot y_1 + b_{32} \cdot y_2 + a_{32} \cdot x_2 + a_{33} \cdot x_3 \end{cases}$$

Identifikatsiya qilish uchun tizimni tekshiring.

3. Bir vaqtda tenglamalar sistemasi berilgan:

$$\begin{cases} y_1 = b_{13} \cdot y_3 + a_{12} \cdot x_2 + a_{13} \cdot x_3 + a_{14} \cdot x_4 \\ y_2 = b_{21} \cdot y_1 + b_{23} \cdot y_3 + a_{21} \cdot x_1 + a_{23} \cdot x_3 \\ y_3 = b_{31} \cdot y_1 + a_{32} \cdot x_2 + a_{33} \cdot x_3 + a_{34} \cdot x_4 \end{cases}$$

Identifikatsiya qilish uchun tizimni tekshiring.

4. Bir vaqtda tenglamalar sistemasi berilgan:

$$\begin{cases} y_1 = b_{12} \cdot y_2 + a_{13} \cdot y_3 + a_{11} \cdot x_1 + a_{14} \cdot x_4 \\ y_2 = b_{23} \cdot y_3 + b_{22} \cdot x_2 + a_{23} \cdot x_3 + a_{24} \cdot x_4 \\ y_3 = b_{32} \cdot y_2 + a_{32} \cdot x_2 + a_{33} \cdot x_3 + a_{34} \cdot x_4 \end{cases}$$

Identifikatsiya qilish uchun tizimni tekshiring.

5. Modelning strukturaviy shakli berilgan:

$$\begin{cases} y_1 = b_{13} \cdot y_3 + a_{11} \cdot x_1 + a_{13} \cdot x_3 \\ y_2 = b_{21} \cdot y_1 + b_{23} \cdot y_3 + a_{22} \cdot x_2 \\ y_3 = b_{32} \cdot y_2 + a_{31} \cdot x_1 + a_{33} \cdot x_3 \end{cases}$$

Modelning qisqartirilgan shakli shaklga ega

$$\begin{cases} y_1 = 2 \cdot x_1 + 4 \cdot x_2 + 10 \cdot x_3 \\ y_2 = 3 \cdot x_1 - 6 \cdot x_3 + 2 \cdot x_2 \\ y_3 = -5 \cdot x_1 + 8 \cdot x_2 + 5 \cdot x_3 \end{cases}$$

1) Identifikatsiya qilish uchun modelning strukturaviy shaklini tekshiring.

2) Modelning strukturaviy koeffitsientlarini bilvosita eng kichik kvadratlar orqali aniqlang

Bir paytli tenglamalar tizimining ko'rinishiga qarab tuzilmaviy model koeffitsientlari turli usullar bilan baholanishi mumkin.

Ularga:

- eng kichik kvadratlar egri usuli;
- eng kichik kvadratlarning ikki qadamli usuli;
- eng kichik kvadratlarning uch qadamli va boshqa usullar

kiradi.

Eng kichik kvadratlar egri usulini ko'rib chiqamiz. Bu usul bir necha bosqichda amalga oshiriladi.

1. Tuzilmaviy model keltirilgan shakldagi modelga aylantiriladi;

2. Keltirilgan shakldagi modelning har bir tenglamasiga oddiy EKKUni qo'llanib keltirilgan koeffitsientlari (δ_{ij}) baholanadi;

3. Keltirilgan shakldagi model koeffitsientlari tuzilmaviy shakldagi model koeffitsientlariga o'tkaziladi.

Eng kichik kvadratlar egri usuli (EKKEU)ni ikkita endogen va ikkita ekzogen o'zgaruvchili quyidagi ekonometrik modelga qo'llanishini qo'rib chiqamiz:

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

Ushbu modelni tuzish uchun 5ta hudud bo'yicha quyidagi ma'lumotlar berilgan bo'lsin:

XUDUD	U₁	U₁	X₁	X₂
1	2	5	1	3
2	3	6	2	1
3	4	7	3	2
4	5	8	2	5
5	6	5	4	6
O'rtachasi	4	6,2	2,4	3,4

Modelning keltirilgan shakli:

$$\begin{cases} y_1 = \delta_{11}x_1 + \delta_{12}x_2 + u_1 \\ y_2 = \delta_{21}x_1 + \delta_{22}x_2 + u_2 \end{cases},$$

bu erda: u_1 va u_2 - modelning keltirilgan shakli tasodifiy xatoligi.

Modelni keltirilgan shaklining har bir tenglamasiga oddiy EKKU qo'llab (δ_{ij}) koeffitsientlarni aniqlaymiz.

Hisoblashlarni soddalashtirish uchun o'zgaruvchilarning o'rtacha darajalaridan chetlanishlaridan foydalanish mumkin, ya'ni $y = y - \bar{y}$ va $x = x - \bar{x}$. U holda modelning keltirilgan shaklidagi birinchi tenglamasi uchun normal tenglamalar tizimi quyidagicha bo'ladi:

$$\begin{cases} \sum y_1x_1 = \delta_{11}\sum x_1^2 + \delta_{12}\sum x_1x_2 \\ \sum y_1x_2 = \delta_{11}\sum x_1x_2 + \delta_{12}\sum x_2^2. \end{cases}$$

Yuqoridagi misol ma'lumotlarida o'rtacha darajadan chetlanishlardan foydalanib quyidagi tenglamalar tizimini yozish mumkin.

$$\begin{cases} 6 = 5,2 \cdot \delta_{11} + 4,2 \cdot \delta_{12} \\ 10 = 4,2\delta_{11} + 17,2\delta_{12}. \end{cases}$$

Olingan tenglamalar tizimini echib modelning keltirilgan shaklining birinchi tenglamani olamiz.

$$y_1 = 0,82x_1 + 0,373x_2 + u_1.$$

Xuddi shunday tartibda modelning keltirilgan shaklining ikkinchi tenglamasiga EKKUni qo'llab quyidagi normal tenglamalar tizimini olamiz.

$$\begin{cases} \sum y_2 \cdot x_1 = \delta_{21} \sum x_1^2 + \delta_{22} \sum x_1 \cdot x_2, \\ \sum y_2 \cdot x_2 = \delta_{21} \sum x_1 x_2 + \delta_{22} \sum x_2^2. \end{cases}$$

Yuqoridagi misol ma'lumotlari asosida quyidagiga ega bo'lamiz.

$$\begin{cases} -0,4 = 5,2 \cdot \delta_{21} + 4,2 \cdot \delta_{22} \\ -0,4 = 4,2 \cdot \delta_{21} + 17,2 \cdot \delta_{22}. \end{cases}$$

Bundan modelning keltirilgan shakldagi ikkinchi tenglamasini olamiz:

$$y_2 = -0,072 \cdot x_1 - 0,00557 \cdot x_2 + u_2.$$

Shunday qilib modelning keltirilgan shakli

$$\begin{cases} y_1 = 0,852 \cdot x_1 + 0,373 \cdot x_2 + u_1 \\ y_2 = -0,072 \cdot x_1 - 0,00557 \cdot x_2 + u_2 \end{cases}$$

ko'rinishga ega bo'ladi.

Mustaqil bajarish uchun vazifalar:

1.

Xudud	U ₁	U ₂	X ₁	X ₂
1	215	356	840	283
2	220	654	372	483
3	270	753	584	492
4	380	937	372	823
5	287	342	273	854

2.

Xudud	U ₁	U ₂	X ₁	X ₂
1	362	923	637	763
2	822	372	927	392
3	843	621	362	834
4	673	538	721	436
5	723	765	793	352

3.

Xudud	U ₁	U ₂	X ₁	X ₂
1	638	358	672	452
2	825	104	833	672
3	534	483	721	688
4	962	933	588	739
5	458	755	427	399

4.

Xudud	U ₁	U ₂	X ₁	X ₂
1	211	881	728	291
2	463	992	812	288
3	525	634	119	921
4	629	992	201	622
5	821	735	832	639

5.

Xudud	U ₁	U ₂	X ₁	X ₂
1	683	104	493	190
2	799	240	810	276
3	476	377	500	932
4	233	309	728	643
5	450	277	430	873

6.

Xudud	U ₁	U ₂	X ₁	X ₂
1	344	892	655	359
2	821	900	700	209
3	800	455	388	389
4	640	399	299	458
5	730	932	573	987

7.

Xudud	U ₁	U ₂	X ₁	X ₂
1	567	584	695	722
2	800	493	994	321
3	740	899	557	430
4	685	654	400	599
5	473	876	120	333

8.

Xudud	U ₁	U ₂	X ₁	X ₂
1	800	333	221	390
2	382	880	554	782
3	455	200	600	771
4	390	211	500	270
5	130	779	450	100

9.

Xudud	U ₁	U ₂	X ₁	X ₂
1	532	896	289	662
2	600	550	219	890
3	567	345	662	520
4	321	271	912	672
5	645	964	883	501

10.

Xudud	U ₁	U ₂	X ₁	X ₂
1	200	661	662	130
2	681	991	881	420
3	277	220	972	722
4	662	887	538	601
5	270	228	999	720

11.

Xudud	U ₁	U ₂	X ₁	X ₂
1	453	765	552	830
2	877	987	664	540
3	530	890	332	447
4	532	150	776	775
5	860	195	690	560

12.

Xudud	U ₁	U ₂	X ₁	X ₂
1	340	890	743	450
2	217	566	400	650
3	561	334	321	865
4	482	997	440	987
5	530	900	300	556

13.

Xudud	U ₁	U ₂	X ₁	X ₂
1	473	988	160	230
2	887	667	786	450
3	998	550	980	546
4	567	887	760	755
5	878	776	149	876

14.

Xudud	U ₁	U ₂	X ₁	X ₂
1	221	484	771	553
2	334	993	330	883
3	776	229	338	774
4	650	930	473	904
5	489	345	997	402

15.

Xudud	U ₁	U ₂	X ₁	X ₂
1	673	772	392	992
2	800	853	393	223
3	530	300	822	334
4	554	633	992	811
5	773	200	771	322

16.

Xudud	U ₁	U ₂	X ₁	X ₂
1	400	628	832	522
2	291	819	300	180
3	362	910	872	382
4	739	820	553	800
5	823	970	611	612

17.

Xudud	U ₁	U ₂	X ₁	X ₂
1	611	538	403	442
2	532	601	574	554
3	773	263	821	991
4	912	177	193	554
5	160	749	844	400

18.

Xudud	U ₁	U ₂	X ₁	X ₂
1	663	302	522	748
2	990	663	290	600
3	442	693	593	539
4	664	800	749	798
5	783	500	456	334

19.

Xudud	U ₁	U ₂	X ₁	X ₂
1	716	749	140	633
2	921	902	382	979
3	932	645	170	334
4	773	921	619	233
5	663	455	649	655

20.

Xudud	U ₁	U ₂	X ₁	X ₂
1	654	733	775	567
2	786	987	321	431
3	100	321	180	900
4	603	995	432	532
5	677	400	732	743

21.

Xudud	U ₁	U ₂	X ₁	X ₂
1	986	812	218	542
2	534	733	723	738
3	821	772	604	321
4	663	881	350	739
5	883	380	340	328

22.

Xudud	U ₁	U ₂	X ₁	X ₂
1	849	621	465	995
2	921	841	154	254
3	600	485	245	457
4	420	452	266	354
5	638	255	855	157

23.

Xudud	U ₁	U ₂	X ₁	X ₂
1	732	434	375	576
2	935	976	908	400
3	822	264	549	120
4	500	802	225	669
5	392	180	558	559

24.

Xudud	U ₁	U ₂	X ₁	X ₂
1	337	316	442	801
2	882	943	170	372
3	991	902	240	330
4	403	772	639	229
5	530	711	372	930

25.

Xudud	U ₁	U ₂	X ₁	X ₂
1	771	336	179	584
2	180	301	163	445
3	830	844	382	256
4	280	902	371	522
5	170	477	653	991

26.

Xudud	U ₁	U ₂	X ₁	X ₂
1	382	226	552	729
2	910	881	982	820
3	553	492	664	167
4	881	740	801	392
5	663	901	180	912

27.

Xudud	U ₁	U ₂	X ₁	X ₂
1	617	381	289	639
2	802	901	927	382
3	356	732	419	863
4	810	280	539	662
5	772	802	614	471

28.

Xudud	U ₁	U ₂	X ₁	X ₂
1	883	662	556	180
2	902	881	773	160
3	170	994	882	270
4	732	881	991	617
5	839	776	901	371

29

Xudud	U ₁	U ₂	X ₁	X ₂
1	387	382	584	382
2	604	805	392	828
3	254	294	120	483
4	295	204	175	281
5	924	648	253	839

30

Xudud	U ₁	U ₂	X ₁	X ₂
1	483	943	632	527
2	907	832	604	337
3	493	164	430	594
4	173	183	738	493
5	196	482	329	392

Tavsiya etilgan adabiyotlar ro'yxati:

1. Ishnazarov A., Nurullayeva Sh., D.M.Rasulov, Xomidov S., Ekonometrika kirish. O'quv qo'llanma. – T.: Iqtisodiyot, 2019 y -210 b.
2. Gujarati D.N. Basic Econometrics. McGraw-Hill, 5th edition, 2009. –922p.
3. Rasulov D., Ishnazarov A., Nurillayeva Sh.,Ro'zmetova N., Mo'minova M., Ekonometrika asoslari. O'quv qo'llanma,-T.:Iqtisodiyot, 2019-298 b.
4. Мустафакулов Ш., Негматов Ж., Жураев., Муродуллаев Н., Эконометрика: ўқув қўлланма Тошкент: ILMIY TEXNIKA AXBOROTI-PRESS NASHRIYOTI, 2017-155 б.
5. Christopher Dougherty. Introduction to Econometrics. Oxford University Press, 2011-573 p.

Nazorat uchun savollar

1. Bir vaqtda tenglamalar sistemasiga nima deyiladi?
2. Modelning strukturaviy shakli qanday?
3. Qanday o'zgaruvchilar endogen deyiladi?
4. Qanday o'zgaruvchilar ekzogen deyiladi?
5. Nima uchun bir vaqtda tenglamalar sistemasi tenglamalarida erkin koeffitsient yo'q?
6. Modelning kichraytirilgan shakli nima?
7. Modelni aniqlash nima?
8. Qanday modellar aniqlanuvchi deb ataladi?
9. Qanday modellar aniqlanmaydigan deb ataladi?
10. Qanday modellar haddan tashqari aniqlangan deb ataladi?
11. Tizim tenglamasining aniqlanishi uchun zarur shart nima?
12. Tizim tenglamasining aniqlanishi uchun qanday shart yetarli?
13. Strukturaviy model koeffitsientlarini qanday usullar bilan baholash mumkin?
14. Eng kichik kvadratlarning bilvosita usuli nima?
15. Ikki bosqichli eng kichik kvadratlar usulining g'oyasi nima?

MAVZU:VAQTLI QATORLAR.

1. Vaqt qatorsi tushunchasi va uning tarkibiy qismlari
2. Vaqt qatorlari darajalarining avtokorrelyatsiyasi
3. Vaqtning trend komponentini modellashtirish
4. Vaqt qatorsining tasodifiy komponentini modellashtirish

1. Vaqt qatorsi tushunchasi va uning tarkibiy qismlari

Vaqt qatorsi - bu y jarayonining qiymatlarining vaqt bo'yicha tartiblangan ketma-ketligi: $\{(y_i, t_i), i = 1, 2, \dots, n\}$.

Y_i qiymatlari qator darajalari, t_i - esa vaqt momentlari deb ataladi. Odatda, vaqt momentlari orasidagi intervallar teng bo'lgan qatorlar ko'rib chiqiladi, kuzatuvlarning tartib raqamlari t_i qiymatlari sifatida qabul qilinadi va vaqt qatorlari $y_1, y_2, \dots, y_n$ ketma-ketligi sifatida ifodalanadi, bu erda n - kuzatishlar soni.

Vaqt qatorlarini tahlil qilishning asosiy maqsadi qatorlar dinamikasidagi naqshlarni aniqlash va vaqt qatorlarining kelajakdagi qiymatlarini bashorat qilish uchun ularning adekvat modellarini yaratishdir.

Vaqtli qatorning additiv va multiplikativ modeli. Mavsumiy yoki tsiklik tebranishga ega bo'lgan vaqtli qatorlar strukturasi tahlil qilishga bir qancha yondoshuvlar mavjud.

Eng sodda yondoshuv – bu mavsumiy komponentalar qiymatini sirg'anchiq o'rtacha usuli bilan hisoblash va vaqtli qatorning additiv yoki multiplikativ modelini tuzishdan iborat.

Additiv model quyidagi umumiy ko'rinishga ega:

$$Y = T + S + E \quad (7.1)$$

Bu modelda davriy qatorning har bir darajasi trend(T), mavsumiy(S) va tasodifiy(E) komponentalar yig'indisidan tashkil topadi deb qaraladi.

Multiplikativ model quyidagi umumiy ko'rinishga ega:

$$Y = T \cdot S \cdot E \quad (7.2)$$

Bu model vaqtli qatorning har bir darajasi trend(T), masumiy(S) va tasodifiy(E) komponentalar ko'paytmasidan iborat deb qaraladi. Ikkala modeldan birini tanlash masumiy tebranishning strukturasi tahlil qilish asosida amalga oshiriladi. Agar tebranish amplitudasi taxminan o'zgarmas bo'lsa, turli tsikllar uchun masumiy komponentalar qiymatlari o'zgarmas bo'lgan vaqtli qatorning additiv modeli tuziladi. Agar masumiy tebranish amplitudasi o'sib yoki kamayib borsa, davriy qatorning darajasi masumiy komponentani qiymatiga bog'liq bo'lgan vaqtli qatorning multiplikativ modeli tuziladi.

Additiv va multiplikativ modellarni tuzish vaqtli qatorning har bir darajasi uchun T , S va E komponentalarning qiymatlarini hisoblashga olib keladi.

Modelni tuzish jarayoni bir necha bosqichdan iborat:

1. Berilgan qatorni sirg'anchiq o'rtacha usul bilan tekslash;
2. S – mavsumiy komponentaning qiymatini hisoblash;
3. Qator tenglamasidan mavsumiy komponentalarni chiqarib tashlash va additiv modelda $(T+E)$ yoki multiplikativ modelda $(T \cdot E)$ tekslangan qiymatlarni topish;
4. $(T+E)$ yoki $(T \cdot E)$ darajalarni analitik tekslash va hosil bo'lgan trend tenglamasini qo'llab T ning qiymatlarini hisoblash;
5. Hosil bo'lgan modelda $(T+E)$ yoki $(T \cdot E)$ ning qiymatlarini hisoblash;
6. Mutloq va/yoki nisbiy hatoliklarni hisoblash.

Trend - bu rivojlanishning umumiy yo'nalishini, vaqt qatorining asosiy tendentsiyasini belgilovchi o'zgarishlarni tavsiflovchi uzoq muddatli harakatning tizimli tarkibiy qismidir.

Qatorning davriy komponenti qator dinamikasidagi ko'p yoki kamroq muntazam tebranishlarni tavsiflaydi. Tebranishlar davri bir yildan oshmasa mavsumiy, uzoqroq tebranish davri bilan tsiklik deb ataladi.

Qatorning tasodifiy komponenti ko'p sonli yon omillar ta'siri ostida shakllanadi, ularning har birining ta'siri ahamiyatsiz, lekin ularning umumiy ta'siri seziladi.

2. Vaqt qatorlari darajalarining avtokorrelyatsiyasi

Agar vaqt qatorsida trend va davriy tebranishlar mavjud bo'lsa, qatorning har bir keyingi darajasining qiymatlari oldingi qiymatlarga bog'liq.

Vaqt qatorsining ketma-ket darajalari orasidagi korrelyatsiya bog'liqligi qator darajalarining avtokorrelyatsiyasi deb ataladi.

Avtokorrelyatsiya miqdori bir necha qadam orqaga siljigan asl vaqt qatorsining darajalari va ushbu qator darajalari o'rtasidagi korrelyatsiya koeffitsienti yordamida aniqlanadi.

Birinchi tartibli avtokorrelyatsiya koeffitsienti y_t va y_{t-1} qatorsining qo'shni darajalari o'rtasidagi bog'liqlik darajasini tavsiflaydi va formula bo'yicha hisoblanadi.

$$r_1 = \frac{\sum_{t=2}^n (y_t - \bar{y}_1)(y_{t-1} - \bar{y}_2)}{\sqrt{\sum_{t=2}^n (y_t - \bar{y}_1)^2 \sum_{t=2}^n (y_{t-1} - \bar{y}_2)^2}}, \quad (6.3)$$

Bu erda: $\bar{y}_1 = \frac{\sum_{t=2}^n y_t}{n-1}, \bar{y}_2 = \frac{\sum_{t=2}^n y_{t-1}}{n-1}$

Ikkinchi tartibli avtokorrelyatsiya koeffitsienti y_t va y_{t-2} darajalari orasidagi bog'liqlikning qattiqligini tavsiflaydi va formula bilan aniqlanadi.

$$r_2 = \frac{\sum_{t=3}^n (y_t - \bar{y}_3)(y_{t-2} - \bar{y}_4)}{\sqrt{\sum_{t=3}^n (y_t - \bar{y}_3)^2 \sum_{t=3}^n (y_{t-2} - \bar{y}_4)^2}}, \quad (6.4)$$

Bu erda: $\bar{y}_3 = \frac{\sum_{t=3}^n y_t}{n-2}, \bar{y}_4 = \frac{\sum_{t=3}^n y_{t-2}}{n-2}.$

Yuqori darajadagi avtokorrelyatsiya koeffitsientlari xuddi shunday aniqlanadi:

$$r_2 = \frac{\sum_{t=\tau+1}^n (y_t - \bar{y}_{1\tau})(y_{t-\tau} - \bar{y}_{2\tau})}{\sqrt{\sum_{t=\tau+1}^n (y_t - \bar{y}_{1\tau})^2 \sum_{t=\tau+1}^n (y_{t-\tau} - \bar{y}_{2\tau})^2}}, \quad (6.5)$$

Bu erda: $\bar{y}_{1\tau} = \frac{\sum_{t=3}^n y_t}{n-2}, \bar{y}_{2\tau} = \frac{\sum_{t=\tau+1}^n y_{t-\tau}}{n-2}.$

O'sish qiymati τ lag deb ataladi va avtokorrelyatsiya koeffitsienti tartibini belgilaydi.

Avtokorrelyatsiya koeffitsientlari qatorning joriy va oldingi darajalari o'rtasidagi chiziqli bog'liqlikning qattiqligini tavsiflaydi. Avtokorrelyatsiya koeffitsienti belgisiga ko'ra, ketma-ketlik darajalarida o'sish yoki pasayish tendentsiyasi haqida xulosa chiqarish mumkin emas.

Qator darajalarining avtokorrelyatsiya koeffitsientlari ketma-ketligi vaqt qatorining avtokorrelyatsiya funksiyasi deyiladi.

Uning qiymatlarining kechikish kattaligiga bog'liqlik grafigi korrelogramma deb ataladi.

Avtokorrelyatsiya funksiyasi va korrelogramma tahlili vaqt qatorlari tarkibida trend va davriy komponentlarning mavjudligini aniqlash imkonini beradi.

Agar birinchi tartibdagi avtokorrelyatsiya koeffitsienti eng yuqori bo'lsa, o'rganilayotgan qator faqat trendni o'z ichiga oladi.

Agar t tartibidagi avtokorrelyatsiya koeffitsienti eng yuqori bo'lsa, qator t davriga ega bo'lgan tebranishlarni o'z ichiga oladi.

Agar barcha avtokorrelyatsiya koeffitsientlari ahamiyatsiz bo'lib chiqsa, u holda ketma-ketlikda trend va davriy tebranishlar mavjud emas yoki qator kuchli chiziqli bo'lmagan tendentsiyani o'z ichiga oladi.

3. Vaqtning trend komponentini modellashtirish

O'rtacha taqqoslash usuli monotonik tendentsiyani aniqlash uchun ishlatiladi. Bunda vaqt qatori kuzatuvlar soni n_1 bo'lgan taxminan teng ikkita $y_1, y_2, \dots, y_{n_1}$ va $y_{n_1+1}, y_{n_1+2}, \dots, y_{n_1+n_2}$ ga bo'linadi. va n_2 . Har

bir qism uchun mos ravishda o'rtacha 1 2 y, y va tanlanma dispersiyalari 2 1s, 2 2 s hisoblanadi. Jarayon dinamikasida tendentsiya yo'qligi haqida nol gipoteza ilgari suriladi (vaqt qatorsining ikkala qismida o'rtacha qiymatlarning tengligi haqida).

Gipotezani tekshirish uchun Student t-testidan foydalaniladi. Davaqt qatorsining har ikki qismidagi dispersiyalarning tengligi shartida, Student statistikasi formula bo'yicha hisoblanadi.

$$t_{fakt} = \frac{|\bar{y}_1 - \bar{y}_2|}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} \cdot (6.6)$$

Agar s_1^2 va s_2^2 ning dispersiyalari har xil deb hisoblansa, styudentlar statistikasi formula bilan aniqlanadi.

$$t_{fakt} = \frac{|\bar{y}_1 - \bar{y}_2|}{S^2} \cdot \sqrt{\frac{n_1 \cdot n_2}{n_1 + n_2}}$$

bu erda S^2 vaqt qatorsining umumiy tanlama dispersiyasidir. Jadvaldan (1-ilova) Student statistikasining kritik qiymati $t_{jadval}(a, n_1 + n_2 - 2)$ ahamiyatlilik darajasida va $k = n_1 + n_2 - 2$ erkinlik darajalari soni topiladi.

Agar $t_{fakt} \leq t_{jadval}$, bo'lsa, u holda qator dinamikasida tendentsiya yo'qligi haqidagi gipoteza qabul qilinadi, aks holda o'rganilayotgan jarayon dinamikasida tendentsiya mavjud deb hisoblanadi.

Foster-Styuart usuli ko'proq universaldir va yanada ishonchli natijalar beradi. Ikkinchidan boshlab yi qatorsining har bir darajasiga ikkita p_i va q_i qiymatlari beriladi:

$p_i = 1$, agar daraja $y_i < y_1, y_2, \dots, y_{i-1}; p_i = 0$ aks holda $p_i = 0$;

$q_i = 1$, agar daraja $y_i > y_1, y_2, \dots, y_{i-1}; q_i = 0$ aks holda $q_i = 0$.

Jarayon dinamikasida tendentsiya yo'qligi haqida nol gipoteza ilgari suriladi. Gipotezani tekshirish uchun Student t-testidan foydalaniladi.

Styudentlar statistikasi formuladan foydalanib hisoblanadi

$$t_{fakt} = \frac{\sum_{i=2}^n (p_i - q_i)}{2 \sum_{i=2}^n \frac{1}{i}}.$$

Jadvaldan (1-ilova) Student statistik $t_{jadval}(a, n-1)$ jadvalining a ahamiyatlilik darajasidagi kritik qiymati va $k = n-1$ erkinlik darajalari soni.

Agar $t_{fakt} \leq t_{jadval}$, bo'lsa, u holda qator dinamikasida tendentsiya yo'qligi haqidagi gipoteza qabul qilinadi, aks holda o'rganilayotgan jarayon dinamikasida tendentsiya mavjud deb hisoblanadi.

Harakatlanuvchi o'rtacha yordamida vaqt qatorsini tekislash

Harakatlanuvchi o'rtacha usullar bilan vaqt qatorlarini tekislash yt qatorsining dastlabki darajalarini y_t ning tekislangan qiymatlari bilan almashtirishdan iborat. Natijada tebranishlarga kamroq moyil bo'lgan y_t vaqtli qator hosil bo'ladi.

Vaqt qatorsini tekislash uchun g'alati "uzunlik" tanlanadi. o'rtacha $N=2m+1$, ketma-ket atamalar soni bilan o'lchanadi tahlil qilingan qator.

Keyin yt vaqt qatorining tekislangan qiymati y_t' tomonidan hisoblanadi formula bo'yicha $y_{t-m}, y_{t-m}, \dots, y_t, y_{t+1}, \dots, y_{t+m}$ qiymatlari

$$y_t' = \sum_{k=-m}^m w_k \cdot y_{t+k}, t = m+1, m+2, \dots, n-m,$$

Bu yerda $w_k (k = -m, -m+1, \dots, m)$ qandaydir ijobiy "og'irlik"

umumiy koeffitsientlar bitta: $w_k > 0$ va $\sum_{k=-m}^m w_k = 1$.

t ning qiymatini $m+1$ dan $n-m$ ga o'zgartirib, xuddi o'q bo'ylab "sirg'ish" kabi.vaqt, shuning uchun (6.9) formulaga asoslangan usullar harakatlanuvchi o'rtacha usullar deb ataladi.

Harakatlanuvchi o'rtacha usullar bir-biridan m va w_k parametrlarini tanlashda farqlanadi. w_k og'irlik koeffitsientlarini

aniqlash asoslanadi vaqt qatorining birinchi $(2m+1)$ nuqtalaridan p darajali ko'phadni qurish, uning parametrlarini eng kichik kvadratlar usuli yordamida baholash va buning o'rta $(m+1)$ nuqtasida vaqt qatorsining t_y tekislangan qiymatini aniqlash. Ushbu polinom yordamida qator segmenti.

Keyin eksa bo'ylab "siljiting" bir belgi uchun vaqt, xuddi shunday p darajali polinom vaqt qatorsining keyingi segmenti uchun tanlanadi va vaqt qatorsining birga siljigan segmentining o'rta nuqtasida vaqt qatorsining tekislangan qiymatining taxmini aniqlanadi.

Natijada, $t = 1, 2, \dots, m$ va $t = n, n-2, \dots, n-m$ dan tashqari barcha t uchun tahlil qilingan vaqt qatorsining t y² tekislangan qiymatlari uchun hisob-kitoblar hisoblanadi. 1.

Vaqt qatorsini tekislash protsedurasiga asoslangan birinchi darajali ko'phadni qurish oddiy harakatlanuvchi o'rtacha deyiladi. Oddiy harakatlanuvchi o'rtachani tekislash tartibi

$$y'_t = \frac{1}{2m+1} \sum_{k=-m}^m y_{t+k},$$

traektoriyaning mahalliy yaqinlashuvining chiziqli xarakteri bilan

vaqt qatorsining t nuqtasida tekislangan qiymati sifatida arifmetik o'rtacha chegaradosh qo'shni qiymatlardan $(2m + 1)$ olinadi:

$$y_{t+m}, y_{t+m-1}, \dots, y_t, y_{t+1}, \dots, y_{t+m}$$

yoki og'irlik omillari bo'yicha:

$$w_{-m} = w_{-m+1} = \dots w_m = \frac{1}{(2m+1)}.$$

Analitik moslashtirish usuli

Vaqt qatorlarning qator darajalarining vaqtga bog'liqligini tavsiflovchi analitik funktsiyani (o'sish egri chizig'ini) $\hat{y} = f(t)$ qurish analitik moslashuvi deyiladi.

Quyidagi funktsiyalar o'sish egri chizig'i sifatida ishlatiladi:

$$y_t = a_0 + a_1 t \text{ - chiziqli;}$$

$$y_t = a_0 + a_1 t^1 + a_2 t^2 + \dots + a_k t^k \text{ - parabolik;}$$

$$y_t = a_0 + \frac{a_1}{t} \text{ - giperbolik;}$$

$y_t = e^{a_0 + a_1 t}$ – ko‘rsatkichli;

$y_t = a_0 \cdot a_1^t$ – potensial;

$y_t = a_0 \cdot t^{a_1}$ – darajali va boshqalar.

O'sish egri chizig'ining parametrlari odatiy eng kichik kvadratlar usuli bilan aniqlanadi, bunda mustaqil o'zgaruvchi vaqt, qaram o'zgaruvchi esa vaqt qatorsining darajalari.

Chiziqli bo'lmagan tendentsiyalar uchun standart linearizatsiya protsedurasi oldindan amalga oshiriladi.

Trend turini aniqlash uchun quyidagi usullar qo'llaniladi:

- vaqtli qatorlar grafigini vizual tahlil qilish;

- qator darajalarining avtokorrelyatsiya koeffitsientlarini tahlil qilish (agar

qator darajalarining birinchi tartibli avtokorrelyatsiya koeffitsienti yuqori,

keyin vaqt qatori chiziqli tendentsiyaga ega);

- asosiy trend modellarini sanab o'tish va sifat mezonlari bo'yicha eng yaxshi trend tenglamasini tanlash.

Silliqlanuvchi o'rtacha usuli

Davriy tebranishlarni modellashtirish usullaridan biri

oddiy harakatlanuvchi o'rtacha usuli yordamida vaqt qatorlarini tekislashdan foydalanishdir.

Vaqt qatorlari grafigini tahlil qilish asosida turi aniqlanadi. Vaqt qatorlar modellari - qo'shimcha yoki multiplikativ. Agar davriy tebranishlarning amplitudasi taxminan doimiy bo'lsa, unda qo'shimcha model tanlanadi. Agar davriy tebranishlar amplitudasi ketma-ketlik darajalarining ortishi bilan ortib borsa, u holda vaqt qatorsining multiplikativ modeli tanlanadi.

Qo'shimcha modelni tanlashda, davriy komponent

qator asl va silliqlangan qator darajalari orasidagi farqni topish bilan farqlanadi. Multiplikativ modelda davriy tebranishlar dastlabki va tekislangan qator darajalari orasidagi nisbatni topish yo'li bilan aniqlanadi. Keyin bir tebranish davridagi kuzatuvlarga mos keladigan o'rtacha qiymatlar hisoblanadi.

Garmonik vaqt qatorlarining tahlili

Davriy komponentni aniqlashning yana bir usuli garmonik tahlil.

Garmonik tahlilga ko'ra, vaqt qatori garmonik tebranish jarayonlari to'plami sifatida ifodalanadi:

$$y_t = f(t) + \sum_{k=1}^{n/2} \left(a_k \cos\left(kt \frac{2\pi}{n}\right) + b_k \sin\left(kt \frac{2\pi}{n}\right) \right), (t=1, 2, \dots, n),$$

bu yerda: y_t vaqtdagi qatorning haqiqiy darajasi; $f(t)$ - vaqtning bir momentidagi qatorning tekislangan darajasi; a_k, b_k - k soni bilan garmonik tebranishlarning parametrlari bo'lib, ular birgalikda umumiy tendentsiyadan chetlanish diapazonini (amplitudasini) va tebranishlarning boshlang'ich nuqtasiga nisbatan siljishini taxmin qiladilar.

n darajadan tashkil topgan qator uchun ajratilishi mumkin bo'lgan tebranish jarayonlarining umumiy soni $n/2$ ga teng.

Odatda eng muhim harmoniklarning kamroq soni bilan cheklanadi.

K raqamiga ega garmonik parametrlar quyidagi formulalar bilan aniqlanadi:

$$e_t = y_t - f(t),$$

$$a_k = \frac{2}{n} \sum_{t=1}^n e_t \cos\left(kt \frac{2\pi}{n}\right); (k=1, 2, \dots, n/k-1),$$

$$b_k = \frac{2}{n} \sum_{t=1}^n e_t \sin\left(kt \frac{2\pi}{n}\right); (k=1, 2, \dots, n/k-1),$$

$$a_{n/2} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t \cos(\pi t); b_{n/2} = 0.$$

Harmonik tahlil sinusoidal shaklga ega bo'lgan mavsumiy tebranishlarni modellashtirish uchun ishlatiladi.

4. Vaqt qatorsining tasodifiy komponentini modellashtirish

Ko'pincha avtoregressiv, harakatlanuvchi o'rtacha vaqt qatorsining tasodifiy komponentini modellashtirish uchun, aralash avtoregressiv va harakatlanuvchi o'rtacha modellar vaqt qatorsining joriy qiymatlarini vaqtning oldingi nuqtalaridagi qiymatlardan bashorat qilish imkonini beradi. p tartibining avtoregressiv modeli quyidagicha ifodalanadi:

$$y_t = \beta_1 y_{t-1} + \beta_2 y_{t-2} + \dots + \beta_p y_{t-p} + \varepsilon_t, (6.12)$$

bu yerda $\beta_j (j=1, \dots, p)$ modelning koeffitsientlari; ε_t - oq shovqin hosil qiluvchi tasodifiy o'zgaruvchilar ketma-ketligi.

Modelning $\beta_j (j=1, \dots, p)$ parametrlari odatda usul bilan baholanadi.

Oy	1	2	3	4	5	6	7	8
y_t	8.8	8.6	8.4	8.1	7.9	7.6	7.4	7.0

ε_t tasodifiy o'zgaruvchisi normal va t dan mustaqil ravishda taqsimlanadi va model koeffitsientlari mutlaq qiymatda birlikdan kichik bo'ladi degan taxminlar ostida eng kichik kvadratlar.

Harakatlanuvchi o'rtacha tartib modeli q shaklga ega

$$y_t = \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q},$$

bu yerda $-\theta_1, -\theta_2, \dots, -\theta_q$ - modelning koeffitsientlari; ε_t - oq shovqin hosil qiluvchi tasodifiy o'zgaruvchilar ketma-ketligi.

Avtoregressiyani tavsiflovchi ikkala atama va qoldiqni harakatlanuvchi o'rtacha sifatida modellashtiruvchi atamalarni o'z ichiga olgan model, (p, q) qoldiqlar bo'yicha harakatlanuvchi o'rtachalar bilan avtoregressiv model deb ataladi va shaklga ega.

$$y_t = \beta_1 y_{t-1} + \dots + \beta_p y_{t-p} + \dots + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_q \varepsilon_{t-q},$$

bu yerda $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$ va $-\theta_1, -\theta_2, \dots, -\theta_q$, aralash modelning koeffitsientlari.

Misol. y_t (%) uchun ishsizlik darajasi bo'yicha ma'lumotlar mavjud 8 oy:

1) Birinchi va ikkinchi tartibli qator darajalarining avtokorrelyatsiya koeffitsientlarini aniqlang.

2) Eng kichik kvadratlar usuli yordamida trend tenglamasini tanlang va uning parametrlarini aniqlang.

Shart:

1) Birinchi tartibli avtokorrelyatsiya koeffitsientini hisoblash uchun jadval tuzamiz.

L	y_t	y_{t_1}	$y_t - \bar{y}_t$	$y_{t-1} - \bar{y}_2$	$(y_t - \bar{y}_t)(y_{t-1} - \bar{y}_2)$	$(y_t - \bar{y}_t)^2$	$(y_{t-1} - \bar{y}_2)^2$
1	8.8	-	-	-	-	-	-
2	8.6	8.8	0,74	0,69	0,5106	0,5476	0,4761
3	8.4	8.6	0,54	0,49	0,2646	0,2916	0,2401
4	8.1	8.4	0,24	0,29	0,0696	0,0576	0,0841
5	7.9	8.1	0,04	-0,01	-0,0004	0,0016	0,0001
6	7.6	7.9	-0,26	-0,21	0,0546	0,0676	0,0441
7	7.4	7.6	-0,46	-0,51	0,2346	0,2116	0,2601
8	7.0	7.4	-0,86	-0,71	0,6106	0,7396	0,5041
9	63.8	56.8	-0,02	0,03	1,7742	1,9172	1,6087

Qator darajalarining o'rtacha qiymatlari:

$$\bar{y}_3 = \frac{\sum_{t=2}^n y_t}{n-1} = \frac{(8,6 + 8,4 + 8,1 + 7,9 + 7,6 + 7,4 + 7,0)}{8-1} = 7,86,$$

$$\bar{y}_2 = \frac{\sum_{t=2}^n y_{t-1}}{n-1} = \frac{(8,8 + 8,6 + 8,4 + 8,1 + 7,9 + 7,6 + 7,4)}{8-1} = 8,11,$$

Formula orqali darajalar orasidagi korrelyatsiya koeffitsientini aniqlaymiz

$$r_1 = \frac{\sum_{t=2}^n (y_t - \bar{y}_1)(y_{t-1} - \bar{y}_2)}{\sqrt{\sum_{t=2}^n (y_t - \bar{y}_1)^2 \sum_{t=2}^n (y_{t-1} - \bar{y}_2)^2}}.$$

Birinchi tartibli avtokorrelyatsiya koeffitsientini olamiz:

$$r_1 = \frac{1,7442}{\sqrt{1,9172 \cdot 1,6087}} = 0,993.$$

Olingan qiymat joriy va oldingi oydagi ishsizlik darajasi o'rtasidagi juda yaqin munosabatni va shuning uchun ishsizlik darajasining vaqt qatorida kuchli chiziqli tendentsiya mavjudligini ko'rsatadi.

Ikkinchi tartibli avtokorrelyatsiya koeffitsientini aniqlaymiz.

t	y_t	y_{t-2}	$y_t - \bar{y}_3$	$y_{t-2} - \bar{y}_4$	$(y_t - \bar{y}_3)(y_{t-2} - \bar{y}_4)$	$(y_t - \bar{y}_3)^2$	$(y_{t-2} - \bar{y}_4)^2$
1	8,8	—	—	—	—	—	—
2	8,6	—	—	—	—	—	—
3	8,4	8,8	0,67	0,57	0,3819	0,4489	0,3249
4	8,1	8,6	0,37	0,37	0,1369	0,1369	0,1369
5	7,9	8,4	0,17	0,17	0,0289	0,0289	0,0289
6	7,6	8,1	-0,13	-0,13	0,0169	0,0169	0,0169
7	7,4	7,9	-0,33	-0,33	0,1089	0,1089	0,1089
8	7,0	7,6	-0,73	-0,63	0,4599	0,5329	0,3969
Σ	63,8	49,4	0,02	0,02	1,1334	1,2734	1,0134

Qator darajalarining o'rtacha qiymatlari:

$$\bar{y}_3 = \frac{\sum_{t=3}^n y_t}{n-2} = \frac{(8,8+8,1+7,9+7,4+7,0)}{8-2} = 7,73,$$

$$\bar{y}_4 = \frac{\sum_{t=3}^n y_{t-2}}{n-2} = \frac{(8,8+8,6+8,4+8,1+7,9+7,6)}{8-2} = 8,23.$$

Ikkinchi tartibli avtokorrelyatsiya koeffitsientini aniqlaymiz:

$$r_1 = \frac{\sum_{t=3}^n (y_t - \bar{y}_3)(y_{t-2} - \bar{y}_4)}{\sqrt{\sum_{t=3}^n (y_t - \bar{y}_3)^2 \sum_{t=3}^n (y_{t-2} - \bar{y}_4)^2}} = \frac{1,1334}{\sqrt{1,2734 \cdot 1,0134}} = 0,998.$$

Olingan natijalar ishsizlik darajasi qatorida chiziqli tendentsiya mavjudligi haqidagi xulosani yana bir bor tasdiqlaydi.

2) Chiziqli tendentsiya quramiz: $y_t = a + b \cdot t$.

Eng kichik kvadratlar usulidan foydalanib, biz parametrlar uchun taxminlarni topamiz

formulalar bo'yicha tendentsiya:

$$b = \frac{\overline{y \cdot t} - \bar{y} \cdot \bar{t}}{\overline{t^2} - (\bar{t})^2},$$

$$a = \bar{y} - b \cdot \bar{t}.$$

Keling, quyidagi hisob-kitoblarni qilaylik:

$$\overline{y \cdot t} = \frac{\sum y \cdot t}{n} = \frac{8,8 + 2 \cdot 8,6 + 3 \cdot 8,4 + 4 \cdot 8,1 + 5 \cdot 7,9 + 7 \cdot 7,4 + 8 \cdot 7,0}{8} =$$

$$\frac{276,5}{8} = 34,5625,$$

$$\bar{t} = \frac{\sum t}{n} = \frac{1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8}{8} = 4,5,$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n} = \frac{63,8}{8} = 7,975,$$

$$\bar{t} \cdot \bar{y} = 35,8875,$$

$$\bar{t^2} = \frac{\sum t^2}{n} = \frac{1^2 + 2^2 + 3^2 + 4^2 + 5^2 + 6^2 + 7^2 + 8^2}{8} = \frac{204}{8} = 25,5$$

$$(\bar{t^2}) = \left(\frac{\sum t^2}{n} \right) = (4,5)^2 = 20,25.$$

Keyin trend parametrlarining taxminlari teng bo'ladi:

$$b = \frac{34,5625 - 35,8875}{25,5 - 20,25} = -0,25,$$

$$a = 7,975 - (-0,25) \cdot 4,5 = 9,11.$$

Shuning uchun chiziqli trend tenglamasi shaklga ega

$$y_t = 9,11 - 0,25 \cdot t.$$

Oy	bitta	2	3	4	5	6	7	8	9	10
y_t	12	14	14	15	16	17	22	21	23	24

1) Vaqt qatorsini oddiy harakat bilan tekislashni amalga oshiring o'rtacha uch balldan yuqori.

2) Vaqt qatorsining chiziqli trendini tuzing.

3) Balanslarning avtokorrelyatsiyasi yo'q deb hisoblab, 11-oyda kutilayotgan savdo hajmini taxmin qiling.

Shart:

1) Oddiy harakatlanuvchi o'rtachani tekislash $m=1$ uchun (6.10) formula bo'yicha amalga oshiriladi:

$$y'_t = \frac{1}{3} \sum_{k=-1}^1 y_{t+k}.$$

$$y'_2 = \frac{1}{3}(12 + 14 + 13) = 13,$$

$$y'_3 = \frac{1}{3}(14 + 13 + 15) = 14,$$

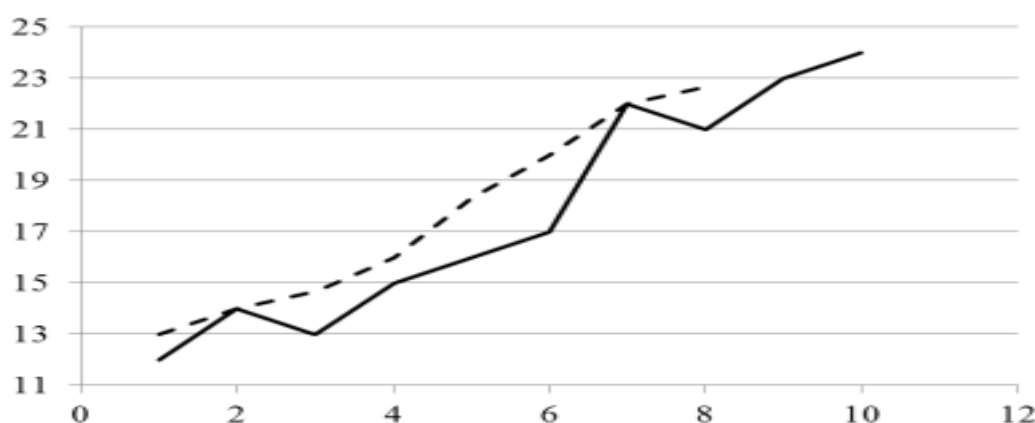
...,

$$y'_9 = \frac{1}{3}(21 + 23 + 24) = 22,7$$

Qabul qilingan natijalarni jadvalga yozamiz.

Oy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
y_t	12	14	13	15	16	17	22	21	23	24
y'_t	-	13.0	14.0	14.7	16.0	18.3	20.0	22.0	22.7	-

Olingan tekislangan qatorni dastlabki vaqt qatori (qattiq chiziq) grafigiga qirrali chiziq shaklida chizamiz (6.1-rasm).



6.1-rasm. Asl vaqt qatorsi (qattiq chiziq) va chiziqli trend (chiziq chiziq) sxemasi.

3) 11-da kutilayotgan savdo hajmini topingoy.

Olingan trend modeliga muvofiq 11-oyda sotish hajmining taxminiy qiymatini olamiz:

$$y_{11} = 9,933 + 1,412 = 25,47.$$

Oy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
y_t	47	67	54	41	46	23	25	52	47	32	32

1) Birinchi tartibli avtoregressiv modelni yarating.

2) 12-oy uchun aktsiya bahosi prognozini toping.

Shart:

1) Birinchi tartibli avtoregressiv modelni (6.12) formula bo'yicha quramiz: $y_t = \beta_1 y_{t-1} + \varepsilon_t$.

Birinchi tartibli avtoregressiv tenglamaning qurilishi juft chiziqli regressiya tenglamasi bilan bir xil, bunda y_{t-1} qator darajalari regressor, $-y_t$ esa javob rolini bajaradi, erkin koeffitsientning nol qiymati ($a = 0$).

Formuladan foydalanib, eng kichik kvadratlar usuli bilan avtoregressiv modelning β_1 parametrining bahosini topamiz.

$$\beta_1 = \frac{\sum_{t=2}^n y_{t-1} \cdot y_t}{\sum_{t=2}^n y_{t-1}^2} = 0,916.$$

Shuning uchun birinchi tartibli avtoregressiv model o'xshash bo'ladi.

$$y_t = 0,916 \cdot y_{t-1} + \varepsilon_t.$$

2) Birinchi tartibli avtoregressiya modelidan foydalanib, 12-oy uchun aktsiya bahosi prognozini toping.

$y_{11}=32$ ekanligini hisobga olsak, u holda aktsiya bahosining taxminiy qiymati

12-oy uchun:

$$y_{12} = 0,916 \cdot 32 = 29,30.$$

Vazifalar

1. 9 yil davomida y_t (%) inflyatsiya ma'lumotlari mavjud:

Yil	1	2	3	4	5	6	7	8	9
y_t	13.28	8.80	8.78	6.10	6.58	6.45	11.36	12.91	5.38

1) Birinchi va ikkinchi tartibli qator darajalarining avtokorrelyatsiya koeffitsientlarini aniqlang.

2) Eng kichik kvadratlar usuli yordamida trend tenglamasini tanlang va uning parametrlarini aniqlang.

3) Qoldiqlarning avtokorrelyatsiyasi yo'q deb faraz qilib, 10-yilda kutilayotgan inflyatsiya darajasini taxmin qiling.

2. Jismoniy shaxslarning yil davomidagi depozitlari to'g'risida ma'lumotlar mavjud

Oy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
y_t	3	4	5	6	6	8	5	6	8	11	10	9

1) Vaqt qatorsini oddiy harakat bilan tekislashni amalga oshiring o'rtacha uch balldan yuqori.

2) Vaqt qatorsining chiziqli trendini tuzing.

3) Balanslarning avtokorrelyatsiyasi yo'q deb hisoblab, keyingi oyning birinchi oyida depozitlarning kutilayotgan hajmini taxmin qiling.

3. Viloyatda 14 oylik ishsizlik darajasi haqida ma'lumotlar mavjud.

t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
y_t	5.2	4.6	4.8	5.3	5.5	5.2	5.3	5.4	4.7	4.5	4.6	4.9	4.6	4.5

1) Vaqt qatorsining chiziqli trendini yarating.

2) Birinchi tartibli avtoregressiv modelni tuzing.

3) 15 oylik ishsizlik prognozini oling

4 -misol. *Vaqtli qatorning additiv modelini tuzish.*

7.1-jadvalda keltirilgan tuman aholisining so'ngi to'rt yilda iste'mol qilgan elektrenergiyasi hajmi haqidagi ma'lumotlardan foydalanib additiv model tuzishni ko'rib chiqamiz.

2-misolda vaqtli qator davriyligi 4ga teng bo'lgan mavsumiy tebranishga ega ekanligini ko'rgan edik. Elektrenergiya iste'moli hajmi kuzgi-qishki davrda (I va IV choraklar) bahorgi-yozgi (II va III choraklar) davrga nisbatan yuqori. Qatorning grafigidan (7.1-rasm) tebranish amplitudasi taxminan bir hilda ekanini aniqlash mumkin. Bu holat qatorda additiv model borligidan dalolat beradi. Qatorning komponentalarini hisoblaymiz (7.1-jadval).

1-qadam. Sirg'anchiq o'rtacha usuli bilan qatorni tekshiraymiz. Buning uchun:

a) qatorning har to'rt chorakdagi darajalari yig'indisini bir davrga surgan holda hisoblaymiz va shartli yillik elektrenergiya iste'moli hajmini topamiz(jadvalning uchunchi ustuniga bir chorak pastga yozamiz);

v) yig'indini 4ga bo'lib sirg'anchiq o'rtachani topamiz(jadvalda to'rtinchi ustun). Shuni ta'kidlash kerakki, hosil bo'lgan tekslangan qiymatlar mavsumiy komponentaga ega bo'lmaydi;

s) ketma-ket kelgan ikkita sirg'anchiq o'rtachalardan o'rtachasi (markazlashtirilgan o'rtacha)ni topib haqiqiy vaqtga mos keltiramiz (jadvalning beshinchi ustuni).

7.1-jadval

Additiv modelda mavsumiy komponentalarni baholash hisob-kitobi

Chorak raqami. t	Elektrenergiya iste'moli, y_t	To'rt chorak bo'yicha jami	To'rt chorak bo'yicha sirg'onchiq o'rtacha	Markazlash- tirilgan sirg'anchiq o'rtacha	Mavsumiy komponentani baholash
1	2	3	4	5	6
1	6,0	-	-	-	-
2	4,4	24,4	6,10	-	-
3	5,0	25,6	6,40	6,250	-1,250
4	9,0	26,0	6,50	6,450	2,550
5	7,2	27,0	6,75	6,625	0,575
6	4,8	28,0	7,00	6,875	-2,075
7	6,0	28,8	7,20	7,100	-1,100
8	10,0	29,6	7,40	7,300	2,700
9	8,0	30,0	7,50	7,450	0,550
10	5,6	31,0	7,75	7,625	-2,025
11	6,4	32,0	8,00	7,875	-1,475
12	11,0	33,0	8,25	8,125	2,875
13	9,0	33,6	8,40	8,325	0,675
14	6,6	33,4	8,35	8,375	-1,775
15	7,0	-	-	-	-
16	10,8	-	-	-	-

2-qadam. Qatorning haqiqiy darajalari bilan markzlashtirilgan o'rtacha orasidagi farqni hisoblab mavsumiy komponentalarni baho-
laymiz (jadvalda 6-ustun). Ulardan mavsumiy komponenta(S)larning

qiymatlarini hisoblashda foydalanamiz. Buning uchun yillar bo'yicha har bir chorak uchun o'rtacha mavsumiy baho(S_i)larni 7.2-jadvaldan olib 7.3-jadvalga joylashtiramiz.

Odatda mavsumiy komponentali (additiv) modellarda choraklar bo'yicha mavsumiy komponentalarning yig'indisi nolga teng bo'lsin deb olinadi. Agarda bu shart bajarilmasa tuzatish koefitsientini aniqlab mavsumiy komponentalarga tuzatishlar kiritiladi. Ushbu model uchun masumiy komponentalar o'rtacha baholarining yig'indisi quyidagiga teng(jadvalda 2-qator):

$$0,6-1,958-1,275 \ 2,708=0,075.$$

Yig'indi nolga teng bo'lmaganligi sababli tuzatish koefitsientini hisoblaymiz:

$$k=0,075/4=0,01875.$$

7.2-jadval

Ko'rsatkichlar	Yil	Chorak raqami, i			
		I	II	III	IV
	1	-	-	-1,250	2,550
	2	0,575	-2,075	-1,100	2,700
	3	0,550	-2,025	-1,475	2,875
	4	0,675	-1,775	-	-
i -chorak bo'yicha jami (barcha yillar uchun)		1,800	-5,875	-3,825	8.125
i -chorak uchun masumiy komponentalarni o'rtacha bahosi($\bar{S}_i$)		0,600	-1,958	-1,275	2,708
Tuzatilgan mavsumiy komponenta, S_i		0,581	-1,977	-1,294	2,690

Mavsumiy komponentalarning choraklar bo'yicha tuzatilgan qiymatlarini o'rtacha baho bilan tuzatish koefitsienti(k) orasidagi farqni hisoblab topamiz, ya'ni

$$S_i = \bar{S}_i - k$$

formula yordamida topamiz, bu erda, $i= 1, 2, 3, 4$.

Topilgan qiymatlarni jadvalga qo'yib, mavsumiy komponentalar-ning qiymatlari yig'indisi nolga teng bo'lish shartini tekshirib ko'ramiz:

$$0,581 - 1,977 - 1,294 + 2,690 = 0.$$

Shunday qilib, quyidagi mavsumiy komponentalar qiymatlarini olamiz:

I – chorak: $S_1 = 0,581$;

II – chorak: $S_2 = -1,979$;

III – chorak: $S_3 = -1,294$;

IV – chorak: $S_4 = 2,690$.

3-qadam. Berilgan vaqtli qatorning har bir darajasidan masumiy komponentalarning ta'sirini chiqarib tashlab, $TE = Y - S$ qiymatlarini topamiz (7.3-jadvalning 4- ustuni). Ushbu qiymatlar har bir davr uchun hisoblanib, ular faqat tendentsiya va tasodifiy komponentalar-dan iborat bo'ladi.

7.3 –jadval

***T* ning tekslangan qiymatlarini va additiv modelda *E* xatolikni hisoblash**

t	y_t	S_t	$TE = y_t - S_t$	T	TS	$E = y_t - (TS)$	E^2
1	2	3	4	5	6	7	8
1	6,0	0,581	0,419	5,902	6,483	-0,483	0,2333
2	4,4	-1,977	6,337	6,088	4,111	0,289	0,0835
3	5,0	-1,294	6,294	6,275	4,981	0,019	0,0004
4	9,0	2,690	6,310	6,461	9,151	-0,151	0,0228
5	7,2	0,581	6,619	6,648	7,229	-0,029	0,0008
6	4,8	-1,977	6,777	6,834	4,857	-0,057	0,0032
7	6,0	-1,294	7,294	7,020	5,727	0,273	0,0745
8	10,0	2,690	7,310	7,207	9,896	0,104	0,0108
9	8,0	0,581	7,419	7,393	7,974	0,026	0,0007
10	5,6	-1,977	7,577	7,580	5,603	-0,030	0,0009
11	6,4	-1,294	7,694	7,766	6,472	-0,072	0,0052
12	11,0	2,690	8,310	7,952	10,642	0,358	0,1282
13	9,0	0,581	8,419	8,139	8,720	0,280	0,0784
14	6,6	-1,977	8,577	8,325	6,348	0,252	0,0635
15	7,0	-1,294	8,294	8,519	7,218	-0,218	0,0475
16	10,8	2,690	8,110	8,698	11,388	-0,588	0,3457

4- qadam. Modelning T komponentasini aniqlaymiz. Buning uchun (TE) qatorni chiziqli trend yordamida analitik tekshirib ko'ramiz. Analitik tekshirishning natijalari quyidagilardan iborat:

Trend tenglamasining ozod hadi	5,715416
Regressiya koeffitsienti	0,186421
Regressiya koeffitsientining standart hatosi	0,015188
R kvadrat	0,914971
Kuzatuvlar soni	16
Erkinlik darajasi soni	14

Olingan natijalardan kelib chiqib, quyidagi chiziqli trendga ega bo'lamiz:

$$T = 5,715 + 0,186 \cdot t.$$

Ushbu tenglamaga $t = 1, 2, \dots, 16$ qiymatlarni qo'yib, har bir vaqt uchun T ning darajalari topiladi (7.3-jadvalda 5-ustun). Trend tenglamasi grafigi 7.1-rasmda keltirilgan.

5-qadam. Qatorning additiv modelda olingan qiymatlarini topamiz. Buning uchun T ning darajalariga mos choraklar uchun masumiy komponentalarni qo'shib chiqamiz (TS ning qiymatlari 7.3-jadvalning 6-ustunida va 7.1-rasmda keltirilgan).

6-qadam. Additiv modelni qurish usuliga asosan modelning hatolarini hisoblash

$$E = Y - (T + S) \quad (7.4)$$

formula asosida amalga oshiriladi. Bu mutloq xatolik bo'lib, uning qiymati 7.3-jadvalning 7-ustunida keltirilgan.

Regressiya modeli kabi, tanlangan modelning sifatini baholash uchun olingan mutloq xatoliklar kvadratlari yig'indisidan foydalanish mumkin. Ushbu additiv model uchun mutloq xatoliklar kvadratlari yig'indisi 1,10ga teng. Uni qator darajalarining o'rtacha darajasidan chetlanishi kvadratlarning yig'indisi (71,59)ga nisbati 1,5 foizdan ko'proqni tashkil etadi, ya'ni:

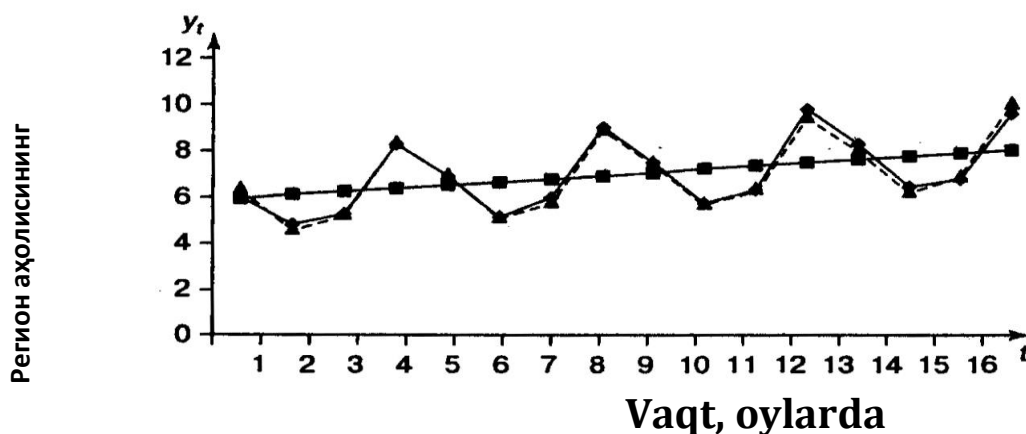
$$(1 - 1,10/71,59) \cdot 100 = 1,536\%.$$

Shunday qilib, aytish mumkinki, additiv model oxirgi 16 chorakda elektrenergiya iste'moli jarayonini ifodalovchi vaqtli qator darajalarining o'zgarishini 98,5 foiz aniqlik bilan ifodalab beradi.

6-misol. Additiv model bo'yicha bashoratlash.

Faraz qilaylik, 4-misol ma'lumotlari asosida tuman aholisining keyingi birinchi yarim yillikdagi elektr energiyasini iste'moli miqdorini bashoratlash talab qilinadi.

Yechish. (7.1) munosabatga asosan additiv modelda vaqtli qator darajala $\text{---}\blacklozenge\text{---}$ F_k bashorat $\text{---}\blacksquare\text{---}$ natlari $\text{---}\blacktriangle\text{---}$ d va mavsumiy komponentalarning yig'indisidan iborat. Tuman aholisining beshirchi yilning birinchi yarim yillikdagi elektr energiyasini iste'moli hajmi beshirchi yilning I va II choraklardagi iste'mol qilingan elektr energiyasi hajmlari (F_{17} va F_{18}) ning mos ravishda yig'indisidan iborat.



xaqiqiy darajalari; trend; (TS)ning qiymati

7.1-rasm. Tuman aholisining elektrenergiyasini iste'moli (qator darajalarining, haqiqiy, tekslangan va additiv modelda olingan qiymatlari)

Trend komponentalarini aniqlash uchun trend tenglamasidan foydalanamiz:

$$T=5,715+0,186 \cdot t.$$

Bashorat qilinayotgan oylar uchun trend quyidagilardan iborat:

$$T_{17}=5,715+0,186 \cdot 17=8,877;$$

$$T_{18}=5,715+0,186 \cdot 18=9,063.$$

Mavsumiy komponentalarning qiymatlari: $S_1=0,581$ (I-chorak); $S_2=-1,977$ (II-chorak) edi.

Shunday qilib,

$$F_{17}=T_{17}+S_1=8,877+0,581=9,458;$$

$$F_{18}=T_{18}+S_2=9,063-1,977=7,086.$$

Elektr energiyani kelasi(beshinchi) yilning birinchi yarim yilligida iste'mol qilinadigan hajmining bashorat qiymati

$$(9,458+7,086)=16,544 \text{ mln. kv. soatga teng ekan.}$$

Vaqtli qatorlar multiplikativ modelini tuzish va yuqorida keltirilgan barcha bosqichlarni bajarish talabalarga olgan bilimlarini mustahkamlash uchun mustaqil ish sifatida havola etiladi.

Mustaqil bajarsih uchun topshiriqlar:

Elektrenergia iste'moli 1-Variant	2-Variant	3-Variant	4-Variant	5-Variant	6-Variant	7-Variant	8-Variant	9-Variant	10-Variant	11-Variant	12-Variant	13-Variant	14-Variant	15-Variant
6	7,2	7,5	7,4	7,7	7,3	7,3	7,8	7,6	7,6	7,4	7,5	7,5	7,4	7,4
4,4	5,4	5,5	5,4	5,5	5,4	5,5	5,4	5,7	5,4	5,5	5,5	5,6	5,6	5,5
5	6,1	6,3	6,5	6,3	6,4	6,3	6,7	6,4	6,3	6,6	6,7	6,3	6,4	6,6
9	10,3	10,8	10,3	10,2	10,5	10,6	10,7	10,5	10,7	10,8	10,7	10,4	10,5	10,7
7,2	8,4	8,7	8,6	8,9	8,5	8,5	9	8,8	8,8	8,6	8,7	8,7	8,6	8,6
4,8	5,8	5,9	5,8	5,9	5,8	5,9	5,8	6,1	5,8	5,9	5,9	6	6	5,9
6	7,1	7,3	7,5	7,3	7,4	7,3	7,7	7,4	7,3	7,6	7,7	7,3	7,4	7,6
10	11,3	11,8	11,3	11,2	11,5	11,6	11,7	11,5	11,7	11,8	11,7	11,4	11,5	11,7
8	9,2	9,5	9,4	9,7	9,3	9,3	9,8	9,6	9,6	9,4	9,5	9,5	9,4	9,4
5,6	6,6	6,7	6,6	6,7	6,6	6,7	6,6	6,9	6,6	6,7	6,7	6,8	6,8	6,7
6,4	7,5	7,7	7,9	7,7	7,8	7,7	8,1	7,8	7,7	8	8,1	7,7	7,8	8
11	12,3	12,8	12,3	12,2	12,5	12,6	12,7	12,5	12,7	12,8	12,7	12,4	12,5	12,7
9	10,2	10,5	10,4	10,7	10,3	10,3	10,8	10,6	10,6	10,4	10,5	10,5	10,4	10,4
6,6	7,6	7,7	7,6	7,7	7,6	7,7	7,6	7,9	7,6	7,7	7,7	7,8	7,8	7,7
7	8,1	8,3	8,5	8,3	8,4	8,3	8,7	8,4	8,3	8,6	8,7	8,3	8,4	8,6
10,8	12,1	12,6	12,1	12	12,3	12,4	12,5	12,3	12,5	12,6	12,5	12,2	12,3	12,5

16- Variant	17- Variant	18- Variant	19- Variant	20- Variant	21- Variant	22- Variant	23- Variant	24- Variant	25- Variant	26- Variant	27- Variant	28- Variant	29- Variant	30- variant
7,3	7,5	7,4	7,3	7,5	7,3	7,5	7,4	7,3	7,5	7,3	7,5	7,4	7,3	7,5
5,6	5,7	5,4	5,6	5,7	5,4	5,6	5,7	5,4	5,6	5,7	5,4	5,6	5,7	5,4
6,6	6,4	6,7	6,6	6,4	6,7	6,6	6,4	6,7	6,6	6,4	6,7	6,6	6,4	6,7
10,8	10,6	10,8	10,8	10,6	10,8	10,8	10,6	10,8	10,8	10,6	10,8	10,8	10,6	10,8
8,5	8,7	8,6	8,5	8,7	8,5	8,7	8,6	8,5	8,7	8,5	8,7	8,6	8,5	8,7
6	6,1	5,8	6	6,1	5,8	6	6,1	5,8	6	6,1	5,8	6	6,1	5,8
7,6	7,4	7,7	7,6	7,4	7,7	7,6	7,4	7,7	7,6	7,4	7,7	7,6	7,4	7,7
11,8	11,6	11,8	11,8	11,6	11,8	11,8	11,6	11,8	11,8	11,6	11,8	11,8	11,6	11,8
9,3	9,5	9,4	9,3	9,5	9,3	9,5	9,4	9,3	9,5	9,3	9,5	9,4	9,3	9,5
6,8	6,9	6,6	6,8	6,9	6,6	6,8	6,9	6,6	6,8	6,9	6,6	6,8	6,9	6,6
8	7,8	8,1	8	7,8	8,1	8	7,8	8,1	8	7,8	8,1	8	7,8	8,1
12,8	12,6	12,8	12,8	12,6	12,8	12,8	12,6	12,8	12,8	12,6	12,8	12,8	12,6	12,8
10,3	10,5	10,4	10,3	10,5	10,3	10,5	10,4	10,3	10,5	10,3	10,5	10,4	10,3	10,5
7,8	7,9	7,6	7,8	7,9	7,6	7,8	7,9	7,6	7,8	7,9	7,6	7,8	7,9	7,6
8,6	8,4	8,7	8,6	8,4	8,7	8,6	8,4	8,7	8,6	8,4	8,7	8,6	8,4	8,7
12,6	12,4	12,6	12,6	12,4	12,6	12,6	12,4	12,6	12,6	12,4	12,6	12,6	12,4	12,6

Tavsiya etiladigan adabiyotlar

1. Babeshko L.O. Основы эконометрического моделирования: Учебное пособие. –М.: KomKniga, 2010. 207-218 str.
2. Kremer N.Sh. Эконометрика: Учебник. –М.: YuNITI-DANA, 2008. 203-221 str.
3. Valentinov V.A. Эконометрика: Учебник. –М.: ИТК «Дашков и К°», 2006. 263-276 str.
4. Magnus Ya.R., Katyshcheva P.K., Peresskiy A.A. Эконометрика. Начальный курс: Учебник. 7-ye izd. ispr. –М.: Delo, 2005. 71-89 str.
5. Nosko V.N. Эконометрика dlya nachinayuyshix. –М.: IEPP, 2005. 54-67 str.
6. Ishnazarov A.I., Nurullayeva Sh.T., Mo'minova M.A. "Эконометрика" o'quv fani bo'yicha ta'lim texnologiyasi. "Iqtisodiy ta'limda o'qitish texnologiyasi" qatorsidan. –T.: TDIU, 2006. 172-177 bet.

Nazorat uchun savollar:

1. Vaqtli qator deb nimaga aytiladi?
2. Vaqtli qatorlar variasion qatorlardan qanday xususiyatlari va alomatlari bilan farq qiladilar?
3. Vaqtli qatorlarni qanday usullar bilan tekislash mumkin?
4. O'rtacha sirg'aluvchan usul nima va qachon qo'llanadi?
5. Avtokorrelyasiya nima va u qanday tahlil qilinadi?
6. Multikolleniyarlik nima va u korrelyasion bog'lanish natijalariga qanday ta'sir etadi hamda qaysi yo'l bilan uni bartaraf qilish mumkin?
7. Vaqtli qatorlarda korrelyasion-regression tahlil usullarini qo'llash shart-sharoitlarini tushuntirib bering?
8. Taklif va boshqa bozor iqtisodiyot qonunlari namoyon bo'lishini o'rganishda regression tahlil usullaridan foydalanish tartibini misollarda tushuntirib bering.
9. Bozor narxiga nisbatan taklif elastikligini aniqlash maqsadida regression tahlil usulidan foydalanish tartibini aniq bir misolda tushuntirib bering.
10. Eng kichik kvadratlar usulining mohiyatini tushuntirib bering.

MAVZU: AMALIY EKONOMETRIK MODELLAR. ISHLAB CHIQRISH FUNKSIYASI.

- 1. Iqtisodiy o'sish jarayonini ishlab chiqarish funksiyalari yordamida tadqiq etish.**
- 2. Ishlab chiqarish funksiyalarining xarakteristikalari.**
- 3. Talab va taklifning ekonometrik modellari.**
- 4. Makroiqtisodiy ekonometrik modellarning turlari va ularni iqtisodiy tahlilda qo'llanilishi.**

Funksiya va dalillar o'rtasidagi bog'liqlarni topish avval mazkur iqtisodiy jarayonga muvofiq keladigan empirik formulani topishdan iborat bo'ladi. Empirik formula aloqa xarakterining yaqinlashtirilgan ma'nosini (qimmatini) gina 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:

$$F(x) = \sum (y_{\text{tm}} - f(x))^2 \rightarrow \min$$

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:

$$y = k_0 + k_1 x_1$$

Bu funksiya bir jinsli bo'lib, omil-dalillarning doimiy limitli samaraliligi bilan xarakterlidir. Umuman iqtisodiyot uchun chiziqsiz

aloqa ham xarakterli bo'lib, ma'lum doiralardagina chiziqli holatga, ya'ni (7) ko'rinishga keltiriladi.

2. Darajali funksiya:

$$y = ax^b,$$

bu yerda u - ishlab chiqarilgan mahsulot;

x - ishlab chiqarish resurslari sarfi;

b - ishlab chiqarish samaradorligining o'zgarish ko'rsatkichi;

a - erkin parametr.

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:

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

3) Kobba-Duglas tipdagi darajali funksiya eng ko'p tarqalgan va universal funksiya hisoblanadi. U quyidagicha ko'rinishda bo'ladi;

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

bu yerda y - natijaviy ko'rsatkich;

x_i - erkin o'zgaruvchi miqdor;

a, α_i - o'zgarmas 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 (u) qanday o'zgarishini ko'rsatadi. Darajali funksiyaning xarajatlar o'rtacha bo'lganda resurslarning unumdorligi tadqiqotchini qiziqtirgan 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.

Bir-birini o'rnini bosuvchi resursli ishlab chiqarish funksiyalari.

$y=f(x)$ ishlab chiqarish funksiyasida resurslar bir-birining o'rnini 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 xarakterlanadi.

Resursning o'rtacha samaradorligi quyidagi funksiyadir:

$$\mu_i = \frac{f(x)}{x_i}.$$

Resursning eng so'nggi samaradorligi ishlab chiqarish funksiyasining xususiy tarzida aniqlanadi:

$$v_i = \frac{df(x)}{dx_i},$$

$v_i(x)$ miqdor i birlik resurs sarfining cheksiz kichik orttirmasidagi miqdordir.

Biror ikki resurs k va l resurslarning eng so'nggi samaradorligining nisbati tarzida aniqlanadi:

$$v_{ke} = \frac{dx_r}{dx_e} = -\frac{v_2(x^1)}{v_k(x^1)} \leq 0.$$

Bir xil resurslarning ikkinchi resurslar o'rnini ekvivalent ravishda bosishida 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 koeffitsiyenti-dan ham foydalaniladi. Elastiklik koeffitsiyenti (E) tegishli argument bir foizga o'zgarganda, funksiya o'zgarishi miqdorini ko'rsatadi.

Ishlab chiqarish funksiyasini o'rganishda ayrim ishlab chiqarish omillarining samaradorligini baholash, bir xil omillarning boshqa omillar o'rnini bosishi, texnika taraqqiyoti kabi muammolar paydo bo'ladi (bunda ko'p hollarda Kobba-Duglasa tipdagi ikki omilli modeldan foydalanish mumkin).

$$y = \gamma K^{\alpha} L^{\beta},$$

bu yerda K - ishlab chiqarish fondlarining hajmi;

L - mehnat sarflari;

γ, α, β - hisoblanadigan parametrlar.

Ishlab chiqarish funksiyasidagi omillarning samaradorligi funksiyaning har bir o'zgaruvchi bo'yicha birinchi tartibli hosilasi funksiyasi bilan aniqlanadi. Xususiyl hosila boshqa omilning miqdori o'zgarmas bo'lsa, omil uchun qo'shimcha mahsulotni ifodalaydi. Binobarin, eng so'nggi samaradorlik ishlab chiqarish fondlari uchun

$$\frac{\partial y}{\partial K} = \gamma \alpha L^{\beta} K^{\alpha-1},$$

mehnat uchun esa quyidagicha bo'ladi:

$$\frac{\partial y}{\partial L} = \gamma \beta K^{\alpha} L^{\beta-1}.$$

Eyler teoremasidan foydalangan holda yalpi mahsulotni omillar «ulushiga» ajratish mumkin;

$$y = \frac{\partial y}{\partial K} K + \frac{\partial y}{\partial L} L.$$

α va β parametrlari asosiy ishlab chiqarish fondlari va mehnatga nisbatan ishlab chiqarish hajmining elastiklik koeffitsiyenti hisoblanadi:

$$\alpha = \frac{\partial y}{y} : \frac{\partial K}{K};$$

$$\beta = \frac{\partial y}{y} : \frac{\partial L}{L}.$$

Ishlab chiqarish funksiyasini ko'rib chiqishda paydo bo'ladigan navbatdagi muhim muammo ishlab chiqarish omillari samaradorligining ishlab chiqarish ko'lamiga va uning konsentratsiyasiga bog'liq holda

o'zgarishidir. Real voqyelikda 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. Parametrlar jami birga teng bo'lsa, bu holda ishlab chiqarish konsentrasiyasi ishlab chiqarish omillarining samaradorligiga ta'sir etmaydi. Parametrlar jami birdan katta bo'lsa, bu ishlab chiqarish hajmi bir omilning uning miqdoriga nisbatan yaratilgan eng so'nggi samaradorlikdan ortiq bo'lishini anglatadi. Parametrlar jami birdan kam bo'lsa, resurslar oshishi bilan ishlab chiqarish pasayib boruvchi tezlikda o'sib boradi.

Mustaqil bajarish uchun vazifa:

1

№	YaIM (y)	Kapital (K)	Ishchi kuchi (L)
1	250	375	3
2	265	387	4
3	297	445	4
4	458	565	5
5	483	665	4

2

№	YaIM (y)	Kapital (K)	Ishchi kuchi (L)
1	465	685	3
2	565	699	4
3	644	781	3
4	683	880	4
5	893	995	4

3

Nº	YaIM (y)	Kapital (K)	Ishchi kuchi (L)
1	650	783	3
2	725	866	4
3	890	966	4
4	898	1090	3
5	1100	1300	5

4

Nº	YaIM (y)	Kapital (K)	Ishchi kuchi (L)
1	780	1260	3
2	895	1390	4
3	964	1583	5
4	1266	1893	4
5	1650	2185	5

5

Nº	YaIM (y)	Kapital (K)	Ishchi kuchi (L)
1	966	1461	3
2	995	1545	4
3	1383	1993	4
4	1500	2100	5
5	2180	3285	5

6

Nº	YaIM (y)	Kapital (K)	Ishchi kuchi (L)
1	2330	3183	3
2	2485	3385	4
3	2583	3565	4
4	2666	3777	5
5	2788	3805	4

7

Nº	YaIM (y)	Kapital (K)	Ishchi kuchi (L)
1	2330	3325	4
2	2483	3464	4
3	2666	3893	4
4	2865	3994	5
5	2995	4551	5

8

Nº	YaIM (y)	Kapital (K)	Ishchi kuchi (L)
1	2335	3355	4
2	2450	3666	5
3	2583	3887	4
4	2665	3993	5
5	2894	4495	5

9

Nº	YaIM (y)	Kapital (K)	Ishchi kuchi (L)
1	2186	3352	4
2	2330	3665	4
3	2593	3894	5
4	2687	4395	5
5	2895	5594	6

10

Nº	YaIM (y)	Kapital (K)	Ishchi kuchi (L)
1	3334	4295	4
2	3451	4666	5
3	3839	4893	5
4	3994	4995	4
5	4454	5365	5

11

Nº	YaIM (y)	Kapital (K)	Ishchi kuchi (L)
1	3445	4285	4
2	3425	4683	5
3	3664	4893	4
4	3887	4993	5
5	4883	5995	4

12

Nº	YaIM (y)	Kapital (K)	Ishchi kuchi (L)
1	2894	3995	3
2	3664	4794	4
3	3883	4964	4
4	3995	5365	4
5	4666	5495	5

13

Nº	YaIM (y)	Kapital (K)	Ishchi kuchi (L)
1	2990	3983	3
2	3961	4966	4
3	4225	5665	5
4	5230	6351	5
5	5235	6894	5

14

Nº	YaIM (y)	Kapital (K)	Ishchi kuchi (L)
1	2965	3683	3
2	3351	4787	4
3	4359	5389	4
4	4683	5995	4
5	4900	6994	5

15

Nº	YaIM (y)	Kapital (K)	Ishchi kuchi (L)
1	2931	4865	3
2	3291	5664	3
3	4383	6335	4
4	5387	6840	4
5	5835	7805	4

16

Nº	YaIM (y)	Kapital (K)	Ishchi kuchi (L)
1	3365	4683	3
2	3593	4866	4
3	4694	5695	4
4	4995	6579	5
5	5961	6995	5

17

Nº	YaIM (y)	Kapital (K)	Ishchi kuchi (L)
1	3441	4562	3
2	4364	5563	4
3	5679	6769	4
4	5969	7895	4
5	5991	7965	5

18

Nº	YaIM (y)	Kapital (K)	Ishchi kuchi (L)
1	3235	4683	3
2	3350	5564	4
3	3485	5833	4
4	4583	6887	4
5	5595	7688	5

19

Nº	YaIM (y)	Kapital (K)	Ishchi kuchi (L)
1	3383	5685	3
2	4202	5887	3
3	5303	6895	4
4	6394	7196	4
5	6895	7897	4

20

Nº	YaIM (y)	Kapital (K)	Ishchi kuchi (L)
1	3135	4555	3
2	4232	5635	3
3	4844	5895	4
4	5230	6994	4
5	5895	7894	4

21

Nº	YaIM (y)	Kapital (K)	Ishchi kuchi (L)
1	3364	4840	3
2	3894	5860	3
3	4685	6964	4
4	5260	7894	4
5	5765	8894	5

22

Nº	YaIM (y)	Kapital (K)	Ishchi kuchi (L)
1	4565	5694	3
2	4883	5963	3
3	4999	6960	4
4	5864	7894	4
5	5991	8880	5

23

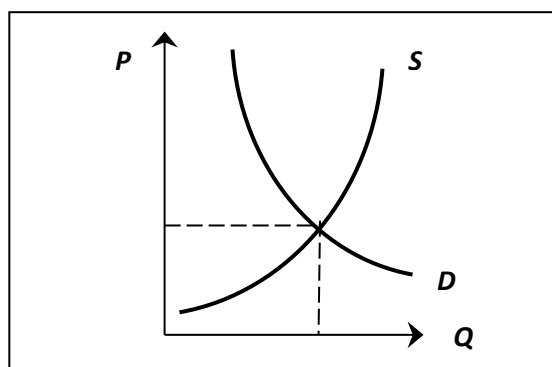
N ^o	YaIM (y)	Kapital (K)	Ishchi kuchi (L)
1	3969	4865	3
2	4699	5894	4
3	4961	6991	4
4	5383	7394	4
5	6383	8193	5

24

N ^o	YaIM (y)	Kapital (K)	Ishchi kuchi (L)
1	3899	5292	3
2	3991	5840	3
3	4560	6694	4
4	5566	7895	4
5	5990	8895	5

Talab va taklifning ekonometrik modellari.

O'rgimchak to'risimon model. Bu model traditsion (odatdagi) talab va taklif egri chiziqlari bilan ifodalanuvchi bozordagi baho va mahsulotlarning miqdorlari tur'runligini vaqt bo'yicha kechikish mavjud bo'lganda tadqiq qilish imkonini beradi. Bunday holatning tasviri 8.3 rasmda keltirilgan.



8.3 –rasm

Ishlab chiqaruvchi (fermer) joriy davrda mahsulotga bo'ladigan taklifni o'tgan davrdagi tovar bahosiga asosan aniqlagan bo'lsin, ya'ni $Q^s(t) = S_t(p_{t-1})$ taklif funksiyasida bir vaqt birligi davriga teng bo'lgan kechikkan davr kirib keladi. Haqiqatda, ishlab chiqarish hajmi haqidagi qaror joriy bahoni hisobga olgan holda qabul qilinadi va bozorda bu qarorga mos keluvchi taklif ishlab chiqarish tsikli tugagandan so'ng yuzaga keladi.

Talab egri chiziqli mahsulot hajmiga bo'lgan talabni aynan shu davrdagi tovar narxiga bo'liqligini tavsiflaydi, ya'ni $Q^D(t) = D_t(p_t)$. Shunday qilib baho dinamikasini quyidagi tenglamalar sistemasi orqali ifodalash mumkin:

$$\{Q_t^s = S_t(p_{t-1}), \quad Q_t^D = D_t(p_t), \quad Q_t^D = Q_t^s\}$$

(8.4.3)

yoki bitta tenglama bilan quyidagicha ifodalash mumkin:

$$D_t(p_t) = S_t(p_{t-1}).$$

(8.4.4)

Ushbu tenglamadan joriy davrdagi baho qiymati P_t -ni avvalgi vaqt holatida ma'lum bo'lgan R_{t-1} ning qiymati bo'yicha aniqlash mumkin.

Hususiyl hol sifatida talab va taklif funksiyalari chiziqli bo'lgan o'rgimchaksimon modelni ko'rib chiqamiz.

$$D(p) = A - Bp_t, \quad S(p) = C + Ep_{t-1}, \quad D(p) = S(p) \quad (8.4.5)$$

Bu erda taklif funksiyasi o'suvchi bo'lgani uchun $E \geq 0$; talab funksiyasi kamayuvchi bo'lgani uchun esa $V \geq 0$; $A > S > 0$, ya'ni $D(0) > S(0) > 0$ (bahoning nol qiymatida talab taklifdan yuqori bo'ladi). Bunday tizimning dinamikasini ifodalovchi tenglama quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$D(p_t) = S(p_t) \text{ yoki } A - Vp_t = S + Ep_{t-1}.$$

Avval muvozanat baho p^* va muvozanat ishlab chiqarish hajmi Q^* ni topamiz. Ular quyidagi tenglamalarni qanoatlantirishlari kerak:

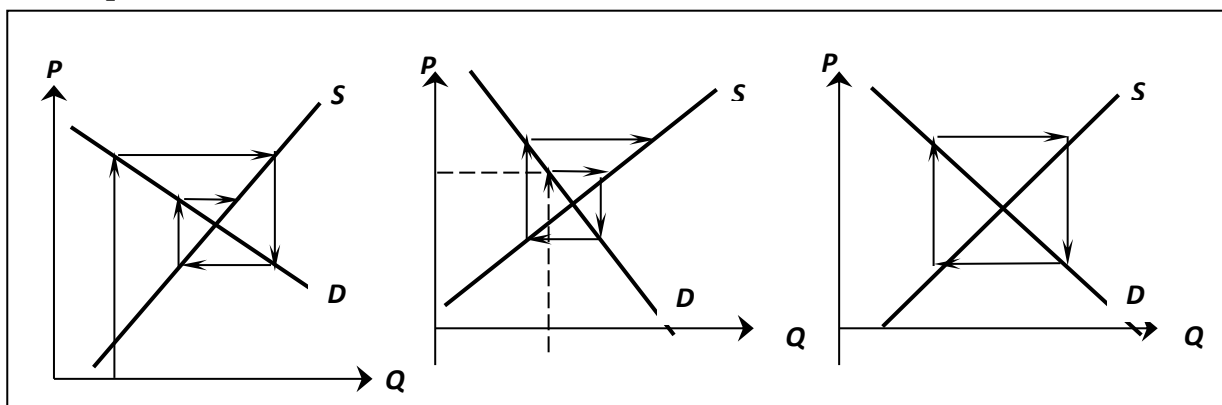
$$Q^* = A - Bp^* = C + Ep^*$$

bundan

$$p^* = (A - C)/(B + E) \text{ va } Q^* = (AE - BC)/(B + E) \quad (8.4.6)$$

kelib chiqadi.

Boshlan'rich nuqta muvozanat nuqta bilan ustma-ust tushmagan holatda baho va ishlab chiqarish hajmi munosabatlarini ko'rib chiqaylik. Ushbu masalani «o'rgimchak to'ri» deb nomlangan grafik usulida echish mumkin. Avvalo muvozanat nuqtasi bilan ustma-ust tushmaydigan boshlan'rich tovar hajmi va bahosini berib, ketma-ket mos ravishda talab va taklif chiziqlarini gorizontaal va vertikal to'fri chiziqlar bilan birlashtirib boramiz.



8.3a – rasm.

8.3b – rasm.

8.3v – rasm.

Rasmdagi birinchi chizmadan ko'rinadiki, agar taklif chizi'ri (D) talab chizi'ri (S)ga nisbatan ko'proq o'rishgan bo'lsa u holda bozorda muvozanat tur'un bo'ladi (8.3a -rasm). Agar talab chizi'ri (S) taklif chizi'ri (D)ga nisbatan ko'proq o'rishgan bo'lsa u holda bozorda muvozanat tur'un bo'lamaydi (8.3b -rasm). Va nihoyat talab va taklif chiziqlarining o'rishliklari bir xil bo'lganda bozorda baho o'zgarmas ampletudada doimiy ravishda tebranib turadi (8.3v-rasm).

Endi modelni tahlil qilib ko'ramiz. p_t ni p_{t-1} orqali ifodalab quyidagi rekkurent munosabatini olamiz.

$$p_t = \frac{A - C}{B} - \frac{E}{B} p_{t-1}$$

Ushbu munosabatni ketma-ket qo'llab quyidagilarni topamiz:

$$p_1 = \frac{A-C}{B} - \frac{E}{B} \cdot p_0; p_2 = \frac{A-C}{B} - \frac{E}{B} \cdot \left(\frac{A-C}{B} - \frac{E}{B} \right) p_0$$

Umumiy holda

$$p_t = \frac{A-C}{B} \cdot \left(1 - \frac{E}{B} + \left(\frac{E}{B} \right)^2 + \dots + (-1)^{t-1} \left(\frac{E}{B} \right)^{t-1} \right) + (-1)^t \left(\frac{E}{B} \right)^t \cdot p_0 \quad (8.7)$$

Qavs ichidagi ifodalar geometrik progressiya yirindisini beradi.

Agar $|q| < 1$, bo'lsa, u holda $\lim_{n \rightarrow \infty} S_n = \frac{a_1}{1-q}$ bo'ladi. O'rgimchak to'risimon

model uchun $q = -\frac{E}{B}$, $a_1 = \frac{A-C}{B}$.

Bundan ixtiyoriy t vaqtda P_t uchun quyidagiga ega bo'lamiz:

$$p_t = \frac{A-C}{B} \cdot \frac{1 - (-1)^t \left(\frac{E}{B} \right)^t}{1 + \frac{E}{B}} + (-1)^t \left(\frac{E}{B} \right)^t \cdot p_0 \quad (8.4.8)$$

Ma'lumki $\frac{E}{B} < 1$ $\left(\frac{E}{B} \right)^t \rightarrow 0$ va $p_t \rightarrow \frac{A-C}{E+B} = p^*$ bo'lganda, ya'ni taklif chizi'ri talab chizi'riga nisbatan ko'proq o'rishgan bo'lsa, muvozanat tur'un bo'ladi. Agar $\frac{E}{B} > 1$ bo'lsa, ya'ni talab chizig'i o'ta o'rishgan bo'lsa, u holda $\left(\frac{E}{B} \right)^t \rightarrow 0$ va jarayon muvozanat nuqtasidan

uzoqlashadi (muvozanat tur'un bo'lmaydi). $\frac{E}{B} = 1$ bo'lganda, ya'ni $B=E$

holatda P_t qiymati muvozanat qiymati atrofida ketma-ket takrorlanadi.

Demak, tizimning muvozanat holatda bo'lishida asosan bahoning uncha katta bo'lmagan o'zgarishga ta'sir etuvchi o'tgan davrdagi omillar muhim rol o'ynaydi.

Quyidagi masalalarning echimlarini toping.

1-masala. Faraz qilaylik vaqt bo'yicha kechikish taklif funksiyasida emas talab funksiyasida qatnashsin:

$$D_t = A - Bp_t; S_t = C + Ep_{t-1}; D_t = S_t$$

Muvozanat nuqtaga intilish sharti qanday bo'ladi? Ushbu jarayonni grafik ko'rinishda tasvirlang.

2-masala. Talab va taklif funksiyalari $D(t) = 4 - 4p(t)$, $S(t) = 8 - 4p(t-1)$ ko'rinishda bo'lsin. $p(t)$ narx uchun formulani va boshlan'rich narx $r_0 = 4$ bo'lganda ixtiyoriy t uchun talab va taklif miqdorini toping.

Echish. Muvozanat nuqtada talab va taklifning tengligi shartidan foydalanib $4 - 4p(t) = 8 - 4p(t-1)$ tenglikni yozish mumkin. Bundan $p(t) = -1 - p(t-1)$ rekkurent tenglama kelib chiqadi. Muvozanat

nuqtada (7.6)ga asosan $p^* = \frac{A-C}{B+E} = \frac{4-8}{4+4} = -0,5$, formulaga asosan

$$p_t = \frac{A-C}{B} \cdot \frac{1 - (-1)^t \left(\frac{E}{B}\right)^t}{1 + \frac{E}{B}} + (-1)^t \left(\frac{E}{B}\right)^t \cdot p_0 =$$

$$= \frac{4-8}{4} \cdot \frac{1 - (-1)^t \left(\frac{4}{4}\right)^t}{1 + \frac{4}{4}} + (-1)^t \left(\frac{4}{4}\right)^t \cdot 4 = -0,5 + 4,5(-1)^t$$

rekkurent formula xosil bo'ladi. Bundan ko'rinadiki vaqt o'tishi bilan narxning tebranishi muvozanat qiymatdan 4,5 birlikka teng bo'lgan chastota bilan yuz beradi. Talab uchun formula quydagi ko'rinishda bo'ladi:

$$D(t) = 4 - 4p(t) = 4 - 4(-0,5 + 4,5(-1)^t) = 6 - 18(-1)^t.$$

Taklif uchun esa formula quydagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$S(t) = 8 - 4p(t-1) = 8 - 4(-0,5 + 4,5(-1)^{t-1}) = 6 + 18(-1)^{t-1}.$$

Baho muvozanatining EVANS modeli

Modelda bitta tovar bozori qaralib, vaqt omili uzluksiz deb hisoblanadi. $D(t)$, $S(t)$, $p(t)$ – mos ravishda t vaqtda tovarga talab, taklif va shu tovarning narxi bo'lsin. Talab ham taklif ham bahoning chiziqli funktsiyasi hisoblansin, ya'ni $D(p) = A - Bp$, $A, B > 0$ – talab bahoning ko'tarilishi bilan kamayadi, $S(p) = C + Ep$, $C, E > 0$ – taklif esa bahoning ko'tarilishi bilan ko'payadi. Tabiiyki $A > C$, ya'ni bahoning nol qiymatida talab taklifdan yuqori bo'ladi.

Asosiy mushohoda shundan iboratki, baho talab bilan taklifning o'zaro nisbatlariga bo'liq ravishda o'zgaradi deb qaraladi:

$$\Delta p = \gamma(D - S)\Delta t,$$

bunda $\gamma > 0$, ya'ni bahoning ko'tarilishi talabning taklifga nisbatan yuqori bo'lishiga va shu jarayonning davom etish davriga proportsional. Shunday qilib quyidagi differentsial tenglamani olamiz:

$$dp/dt = \gamma(D - S).$$

Bu tenglamaga talab va taklifni narxga chiziqli bo'liqligini qo'yib

$p(0) = p_0$ boshlanish shart bilan

$$dp/dt = -\gamma((B + E)p - A + C) \quad (8.4.9)$$

chiziqli bir jinsli bo'lmagan differentsial tenglamani hosil qilamiz.

Ushbu tenglama $p^* = (A - C)/(B + E) > 0$ (statsionar) turrun nuqtaga ega.

Ko'rinib turibdiki $p^* > r$ bo'lganda $dp/dt > 0$ va $p^* < r$ bo'lganda, $dp/dt < 0$. Bundan kelib chiqadiki

$$\lim_{t \rightarrow \infty} p(t) = r^*.$$

$p_0 < r^*$ bo'lganda o'tarilib r^* ga intiladi, $p_0 > r^*$ bo'lganda mahsulot bahosi pasayib r^* ga intiladi. r^* muvozanat baho bo'lganda talab va taklif teng bo'ladi:

$$D(p) = S(p) \rightarrow A - Bp = C + Ep \rightarrow p^* = (A - C)/(B + E).$$

Bir jinsli bo'lmagan chiziqli differentsial tenglamalarni echishning umumiy qoidasiga asosan (7.9) tenglamaning echimini quyidagicha yozish mumkin:

$$p(t) = p_0 e^{-\gamma(B+E)t} + (A - C)/(B + E) \left[1 - e^{-\gamma(B+E)t} \right].$$

U holda (9.3) tenglamalar sistemasi matritsa shaklida

$$\bar{x} = A \bar{x} + \bar{y} \quad (8.5.)$$

ko'rinishga ega.

Odatda bu munosabat *chiziqli tarmoqlararo balans tenglamasi* deb ataladi. Bu tenglama (8.4) matritsa ko'rinishdagi ifodalanishning tavsifi bilan birga *Leontev modeli* deb nomlanadi.

Chiziqli tarmoqlararo balans tenglamasidan ikki maqsad uchun foydalanish mumkin. Yalpi ishlab chiqarish vektori $\bar{x}$ ma'lum bo'lgan birinchi, eng sodda holda yakuniy iste'mol vektori $\bar{y}$ ni hisoblash talab qilinadi. Ikkinchi holda rejalashtirish maqsadlari uchun chiziqli tarmoqlararo balans tenglamasidan masalaning quyidagi shaklida foydalaniladi: T vaqt davri (masalan, bir yil) uchun yakuniy iste'mol vektori $\bar{y}$ ma'lum bo'lib, yalpi ishlab chiqarish vektori $\bar{x}$ ni aniqlash talab qilinadi. Bu erda A matritsasi ma'lum va $\bar{y}$ vektori berilgan (2.5) chiziqli tenglamalar sistemasini echish zarur. Shu bilan birga, (8.5) sistema berilgan masalaning amaliy tabiatidan kelib chiqadigan qator xususiyatlarga ega; eng avvalo A matritsa hamda $\bar{x}$ va $\bar{y}$ vektorlarning barcha elementlari nomanfiy bo'lishi kerak.

Leontev modelining samaradorligi

Agar nomanfiy komponentali ixtiyoriy $\bar{y}$ vektor uchun (8.5) tenglamaning echimi — barcha elementlari nomanfiy bo'lgan $\bar{x}$ vektor mavjud bo'lsa, u holda hamma elementlari nomanfiy bo'lgan A matritsa *samarador* deb ataladi. Bu holda Leontev modeli ham samarador deb ataladi.

(8.5) sistemani E birlik matritsadan foydalanib, ko'rinishda qayta yozamiz.

$$(E - A) \bar{x} = \bar{y}$$

Agar $(E - A)^{-1}$ teskari matritsa mavjud bo'lsa, u holda (8.5)

tenglamaning yagona echimi ham mavjud bo'ladi. $(E - A)^{-1}$ matritsa to'la xarajatlar matritsasi deb ataladi.

$$\bar{x} = (E - A)^{-1} \bar{v}$$

A matritsa samaradorligining bir nechta mezonlari mavjud. Ulardan ikkitasini keltiramiz.

1. $(E - A)^{-1}$ matritsa mavjud bo'lib, uning elementlari nomanfiy bo'lganda va faqat shundagina A matritsa samarador bo'ladi.

2. Agar elementlari nomanfiy bo'lgan A matritsaning ixtiyoriy ustuni (satri) bo'yicha elementlari yirindisi birdan oshmasa:

$$\sum_{i=1}^n a_{ij} \leq 1 \text{ yoki } \sum_{j=1}^n a_{ij} \leq 1,$$

hamda hech bo'lmaganda bitta ustun (satr) uchun bu yirindi birdan qat'iy kichik bo'lsa, u holda bunday matritsa samarador bo'ladi.

Misol.3 tarmoqli iqtisodda 2 xil maxsulot- kumir, elektr, energiya ishlab chiqariladi xamda transport xizmati tashkil kilinar. 1 so'mlik kumir maxsulotini ishlab chiqarish uchun 0,2 so'mlik elektr energiya va 0,25 so'mlik transport xarajati sarflanadi. SHuningdek, 1 so'mlik kumir maxsulotini ishlab chiqarish uchun 0,7 so'mlik kumir maxsuloti, 0,1 so'mlik elektr energiya va 0,05 so'mlik transport xarajatlari sarflanadi. 1 so'mlik transport xizmati uchun 0,6 so'mlik kumir va 0,1 so'mlik elektr energiya sarflanadi.

Ko'riladigan muddat uchun 40 mln. so'mlik kumir va 15 mln. so'mlik elektr energiya xamda 20 mln. so'mlik transport xizmati tashqi iste'molni rejalashtiriladi.

Maxsulotlarni ishlab chiqarish rejasini toping.

Echish. Balans tenglamasini tuzamiz.

$$\begin{cases} X_1 = 0,7x_2 + 0,6x_3 + 40000000 \\ X_2 = 0,2x_1 + 0,1x_3 + 15000000 \\ X_3 = 0,25x_1 + 0,05x_2 + 20000000 \end{cases}$$

Bunda texnologik matritsa

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 0,7 & 0,6 \\ 0,2 & 0,1 & 0,1 \end{pmatrix} \quad S = \begin{pmatrix} 40000000 \\ 15000000 \end{pmatrix}$$

0,25 0,05 0

20000000

Leontyev matritsasi.

$$E-A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0,7 & 0,6 & 0 \\ 0,2 & 0,1 & 0,1 \\ 0,25 & 0,05 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -0,7 & -0,6 \\ 0,2 & 0,9 & -0,1 \\ -0,25 & -0,05 & 1 \end{bmatrix}$$

$$D = \begin{vmatrix} 1 & -0,7 & -0,6 \\ -0,2 & 0,9 & -0,1 \\ -0,25 & -0,05 & 1 \end{vmatrix} = 0,5965$$

$$\dot{A}_{11}(1)^{11} = \begin{vmatrix} 0,9 & -0,1 \\ 0,05 & 1 \end{vmatrix} = 0,9 - 0,005 = 0,895$$

$$A_{12} = (-1)^{1+2} \begin{vmatrix} -0,2 & -0,1 \\ 0,25 & 1 \end{vmatrix} = 0,2 - 0,025 = 0,225$$

$$A_{13} = (-1)^{1+3} \begin{vmatrix} -0,2 & -0,9 \\ -0,25 & -0,05 \end{vmatrix} = 0,01 + 0,225 = 0,235$$

$$A_{21} = (-1)^{2+1} \begin{vmatrix} -0,7 & -0,6 \\ 0,05 & 1 \end{vmatrix} = -0,7 - 0,03 = -0,73$$

$$A_{22} = (-1)^{2+2} \begin{vmatrix} 1 & -0,6 \\ 0,25 & 1 \end{vmatrix} = 1 - 0,15 = 0,85$$

$$A_{13} = (-1)^{1+3} \begin{vmatrix} 1 & -0,7 \\ 0,25 & -0,05 \end{vmatrix} = -0,05 - 0,175 = -0,225$$

$$A = \frac{1}{0,5965} \begin{bmatrix} 0,895 & 0,75 & 0,61 \\ 0,175 & 0,85 & 0,22 \\ 0,215 & 0,225 & 0,76 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,5 & 0,38 & 0,39 \\ 1,22 & 1,42 & 1,27 \\ 1,02 & 0,37 & 1,27 \end{bmatrix}$$

$$(I - A)^{-1} = \begin{pmatrix} 1,5 & 0,38 & 0,39 \\ 1,22 & 1,42 & 0,37 \\ 1,02 & 0,37 & 1,27 \end{pmatrix} \text{ va bunda}$$

$$X = (E - A)^{-1} S = \begin{pmatrix} 73500000 \\ 77500000 \\ 71750000 \end{pmatrix}$$

Demak $x_1 = 73,5 \text{ mln so'm}$ $x_2 = 77,5 \text{ mln so'm}$

$x_3 = 71,75 \text{ mln so'm}$

Mustaqil bajarish uchun vazifa: 3 tarmoqli iqtisodda 2 xil maxsulotlar ko'mir, elektr energiya ishlab chiqariladi xamda transport xizmati tashkil qilingan. 1 so'mlik kumir maxsuloti ishlab chiqarish uchun a_1 so'mlik elektr energiya va a_2 so'mlik transport xizmati sarflanadi.

Shuningdek, 1 so'mlik elektr energiyani ishlab chiqarish uchun a_3 so'mlik kumir maxsuloti, a_4 so'mlik elektr energiya va a_5 so'mlik transport xarajatlar sarflanadi. 1 so'mlik transport xizmati uchun a_6 so'mlik kumir va a_7 so'mlik elektr energiya sarflanadi. Kuriladigan muddat uchun a_8 so'mlik kumir va a_9 so'mlik elektr energiya xamda a_{10} so'mlik transport xizmati tashki iste'molga rejalashtiriladi.

Mahsulotlarni ishlab chiqarish rejasini toping.

Variant	1 so'mlik kumir ishlab- chiqarish uchun sarflanadigan maxsulotlar		1 so'mlik elektr energiya ishlab chiqarish uchun sarflanadigan maxsulotlar			Bir so'mlik transport xizmati uchun sarflanadigan maxsulotlar		Karaladigan mudat uchun iste'molchiga kuyidagi miqdorda kumir elektr energiya transport rejalashtirilgan mln. so'mda.		
	Elektr energiya	Transport xarajati	Kumir maxsuloti	Elektr energiya	Transport xarajati	Kumir maxsuloti	Elektr energiya	Kumir maxsulot	Elektr energiya	Transport xarajati
	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}
1	0,2	0,21	0,3	0,1	0,02	0,2	0,1	2,5	1,5	2
2	0,3	0,22	0,4	0,2	0,03	0,3	0,2	3,5	2	2,5
3	0,4	0,23	0,5	0,3	0,04	0,4	0,3	4	2,5	3
4	0,5	0,24	0,6	0,4	0,05	0,5	0,4	4,5	3	3,5
5	0,6	0,25	0,7	0,5	0,06	0,6	0,5	5	3,5	4
6	0,7	0,26	0,8	0,6	0,07	0,7	0,6	5,5	4	4,5
7	0,8	0,27	0,9	0,7	0,08	0,8	0,7	6	4,5	5

8	0,9	0,28	0,11	0,8	0,09	0,9	0,8	6,5	5	5,5
9	0,11	0,21	0,12	0,9	0,1	0,2	0,1	7	5,5	6
10	0,12	0,22	0,12	0,3	0,2	0,3	0,2	7,5	6	6,5
11	0,13	0,23	0,13	0,4	0,3	0,4	0,3	8	6,5	7
12	0,14	0,24	0,14	0,5	0,4	0,5	0,4	8,5	7	7,5
13	0,15	0,25	0,14	0,6	0,5	0,6	0,5	9	7,5	8
14	0,16	0,25	0,16	0,7	0,6	0,7	0,6	10	8,5	9
15	0,17	0,26	0,17	0,8	0,7	0,8	0,7	10,5	9	9,5
16	0,18	0,27	0,18	0,9	0,8	0,9	0,6	11	9,5	10
17	0,19	0,28	0,19	0,9	0,9	0,9	0,9	11,5	10	10,5
18	0,21	0,31	0,20	0,11	0,12	0,11	0,9	12	10,5	11
19	0,22	0,32	0,21	0,12	0,13	0,12	0,11	12,5	11	11,5
20	0,23	0,33	0,22	0,13	0,14	0,13	0,12	13	11,5	12
21	0,24	0,34	0,23	0,14	0,15	0,14	0,13	13,5	12	12,5
22	0,25	0,35	0,23	0,15	0,16	0,15	0,14	14	12,5	13
23	0,26	0,36	0,24	0,16	0,17	0,16	0,15	14,5	13	13,5
24	0,27	0,37	0,25	0,17	0,18	0,17	0,16	15	13,5	14
25	0,28	0,38	0,26	0,18	0,19	0,18	0,17	15,5	14	14,5

Tavsiya etilgan adabiyotlar ro'yhati:

1. Елисеева И.И. и др. Эконометрика: Учебник для бакалавриата и магистратуры- М.: Юрайт, 2018. –449 с.
2. Gujarati D.N. Basic Econometrics. McGraw-Hill, 5th edition, 2009. – 922p.
3. Хайяши Фумио. Эконометрика пер. с англ. под науч. ред. В.П.Носко. - М.: Издательский дом «Дело» РAIL Хил. 2017 728 с.
4. Greene W.H. Econometric Analysis. Prentice Hall, 2011. – 1232 p.
5. Christopher Dougherty. Introduction to Econometrics. Oxford University Press, 2011-573 p

Nazorat uchun savollar:

1. Ishlab chiqarish funksiyasini boshqa modellardan farqi?
2. Ishlab chiqarish funksiyalarining turlari?
3. Ishlab chiqarish funksiyalarning parametrlarini xususiyatlari.
4. Ishlab chiqarish funksiyalarda ilmiy-texnik taraqqiyotning ahamiyati.
5. O'sish turlari.
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 ko'rsatkichlaridan amalda qanday foydalanish mumkin?

MAVZU: IQTISODIY JARAYONLARNI PROGNOZLASHDA EKONOMETRIK MODELLARDAN FOYDALANISH

Iqtisodiy jarayonlar dinamikasini miqdoriy baholashda mutloq qo'shimcha o'sish (kamayish), o'sish (kamayish) sur'ati va qo'shimcha o'sish (kamayish) sur'ati kabi statistik ko'rsatkichlardan foydalaniladi. Ular bazisli, zanjirli va o'rtacha ko'rsatkichlarga bo'linadi.

Bazisli, zanjirli va o'rtacha mutloq qo'shimcha o'sish, o'sish sur'ati va qo'shimcha o'sish sur'atlarini hisoblash formulalari quyidagi jadvallarda keltirilgan.

Ko'rsatkich nomlari	Mutloq qo'shimcha o'sish	O'sish sur'ati	Qo'shimcha o'sish sur'ati
Bazisli	$\Delta Y_t^b = Y_t - Y_b$	$T_t^b = Y_t / Y_b \cdot 100\%$	$K_t^b = T_t^b - 100\%$
Zanjirli	$\Delta Y_t^3 = Y_t - Y_{t-1}$	$T_t^3 = Y_t / Y_{t-1} \cdot 100\%$	$K_t^3 = T_t^3 - 100\%$
O'rtacha	$\Delta Y_t = (Y_n - Y_1) / (n-1)$	$T_t^b = \sqrt[n-1]{Y_n / Y_1} \cdot 100\%$	$K = T - 100\%$

Formulalarda $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$ – davriy qatorlar darajalari; n – qator uzunligi;

Y_b – dinamika qatorida taqqoslash bazasi sifatida olingan daraja.

Qator dinamikasini o'rtacha qo'shimcha o'sish orqali tasvirlash ikki chetki nuqtalarni birlashtiruvchi to'g'ri chiziqqa mos keladi. Bir qadam oldinga bashorat qiymatni topish uchun davriy qatorning oxirgi darajasiga o'rtacha mutloq qiymatni qo'shimcha o'sishini qo'shish kifoya:

$$Y_{n+1}^1 = Y_n + \Delta Y \quad (10.1)$$

bu erda Y_n – davriy qator ko'rsatkichini n – nuqtasidagi qiymati; Y_{n+1}^1 – ko'rsatkichning $n+1$ – nuqtadagi bashoratlangan qiymati; ΔY – davriy qatorning o'rtacha qo'shimcha o'sish qiymati. Qator o'zgarishi dinamikasini o'rtacha qo'shimcha o'sish sur'atini qo'llab tasvirlash

uning ikki chetki nuqtalaridan o'tkazilgan va o'zgarish dinamikasi doimiy o'sish sur'atiga ega jarayonlar uchun xos bo'lgan ko'rsatkichli yoki eksponentsial egri chiziq ko'rinishida ifodalashga mos keladi. i -qadam oldinga bashorat qiymatini aniqlash quyidagi formula orqali amalga oshiriladi:

$$\hat{Y}_{n+i} = Y_n + T$$

(10.2)

bu erda: $\hat{Y}_{n+i}$ – ko'rsatkichning $n+i$ nuqtadagi bashorat qiymati, T – nisbiy qiymatlarda ifodalangan o'rtacha qo'shimcha o'sish sur'ati.

1-misol.

Quyidagi jadvalda firma xizmatchilarining oylar bo'yicha ish haqi fondi pul birligida berilgan.

t	1	2	3	4	5
Y_t	252,0	253,0	254,2	255,3	256,5

Ish haqi fondining 6 - oy bashorat qiymatini aniqlash uchun o'rtacha mutloq qo'shimcha o'sishni qo'llash o'rinli ekanligiri asoslang.

Yechimi:

Zanjirli mutloq qo'shimcha o'sish qiymatlarini aniqlaymiz:

$$\Delta Y_2 = Y_2 - Y_1 = 253 - 252 = 1$$

$$\Delta Y_3 = Y_3 - Y_2 = 254,2 - 253,0 = 1,2$$

$$\Delta Y_4 = Y_4 - Y_3 = 255,3 - 254,2 = 1,1$$

$$\Delta Y_5 = Y_5 - Y_4 = 256,5 - 255,3 = 1,2$$

Zanjirli mutloq qo'shimcha o'sish 1 dan 1,2 gacha o'zgaradi, ularning o'zgarishi bir xilda. Bu o'zgarish firma ish haqi fondining oylar bo'yicha dinamikasi chiziqli o'zgarishga ega ekanligini ko'rsatadi. Shuning uchun Y_6 ning bashorat qiymatini o'rtacha mutloq qo'shima o'sish ($\Delta \hat{Y}$)ni qo'llab aniqlash o'rinli.

$$\Delta \hat{Y} = (Y_5 - Y_1) / (n - 1) = (256,5 - 252) / (5 - 1) = 1,125,$$

$$\hat{Y} = Y_5 + \Delta \hat{Y} = 256,5 + 1,125 = 257,625.$$

2-misol.

Firma xodimlarining oylar bo'yicha ish haqi fondi dinamikasi 5 oy davomida taxminan o'zgarmas o'sish sur'atlarida o'zgarib borgan. 1- oyda ish haqi fondi 252 pul birligini, 5 - oyda esa - 256,5 pul

birligini tashkil etgan. Firma xodimlarining 6-oy ish haqi fondini o'rtacha o'sish sur'atini qo'llab aniqlang.

Yechimi:

Misol shartiga asosan 5 oy davomida ish haqi fondi o'zgarmas o'sish sur'ati bilan o'zgarib borgan. Shuning uchun 6 – oy ish haqi fondining bashorat qiymatini o'rtacha o'sish sur'atini qo'llab aniqlash mumkin.

O'rtacha o'sish sur'ati quyidagidan iborat:

$$\bar{T} = (y_n / y_1)^{1/(n-1)} \cdot 100\%,$$

$$\bar{T} = (y_5 / y_1)^{1/4} \cdot 100\% = (256,5 / 252)^{1/4} \cdot 100\% = 100,44\%$$

Shunday qilib, firma xodimlarining ish haqi fondining bashorat qiymati:

$$\tilde{y}_6 = y_5 \cdot \bar{T} = 256,5 \cdot 100,44\% = 257,6 \text{ pul birligiga teng.}$$

Iqtisodiy jarayonlarni bashoratlashda tuziladigan davriy qatorlarida iqtisodiy ko'rsatkichlarning anamal qiymatlarini uchrashi, ko'rsatkichlarni bashorat qiymatlarining aniqligiga ta'sir ko'rsatadi. Shuning uchun davriy qatorlar dastlabki tahlildan o'tkaziladi.

Iqtisodiy ko'rsatkichlar davriy qatorlarini dastlabki tahlili, qator darajalarida qaralayotgan iqtisodiy tizimning haqiqiy imkoniyatlariga mos kelmaydigan anamal qiymatlarni namoyon etish hamda trend mavjudligini aniqlashdan iborat.

Davriy qatorlarni dastlabki tahlildan o'tkazish uchun «Statistika-ning umumiy nazariyasi» fanidan tanish bo'lgan usullar qo'llanadi, jumladan qatorlarni tekislash, sirg'aniq o'rtachalar, eksponentsial tekislash va boshqalar.

Iqtisodiy jarayonlarni bashoratlashda o'sish egri chizig'i modelini qo'llanishi.

O'sish egri chizig'i modeli tavsifi. Davriy qatorlarni tekislashning kompleks analitik usullari aniq o'sish egri chiziqlarini tanlash va ularning parametrlarini aniqlashga olib keladi. O'sish egri chizig'i deganda berilgan dinamik qatorni approksimatsiya qiluvchi (ifodalochi) ma'lum bir funktsiya tushuniladi.

O'sish egri chiziqlarini qo'llab bashoratlash quyidagi bosqichlarni o'z ichiga oladi:

- shakli davriy qator dinamikasiga mos keluvchi bir yoki bir nechta egri chiziqlar tanlash;
- tanlangan egri chiziq parametrlarini baholash;
- tanlangan egri chiziqni bashorat qilinayotgan jarayonga aynan o'xshashligini tekshirish va egri chiziqni uzil-kesil tanlash;
- nuqtaviy va oraliq bashorat qiymatlarni hisoblash.

O'sish egri chiziqlari odatda uchta sinf funktsiyalaridan tanlab olinadi.

Birinchi sinfga o'sishning monoton xususiyatga ega bo'lgan va o'sish chegarasi bo'lmagan jarayonlarni ifodalash uchun qo'llaniladigan egri chiziqlar kiradi.

Ikkinchi sinfga o'rganilayotgan davrda o'sish chegarasi bo'lgan egri chiziqlar kiradi. Bunday egri chiziqlar to'yingan yoki to'lg'azilgan deb ataladi.

Agar to'lg'azilgan egri chiziqlar egilish nuqtasiga ega bo'lsa u holda ular uchinchi sinfga tegishli bo'ladi. Ularni S – shakldagi egri chiziqlar deb ataladi. Birinchi turdagi o'sish egri chiziqlariga quyidagi sinf polinomlarini keltirish mumkin:

$$y_t = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + \dots$$

(10.3)

Ushbu polinomda $t = 0$ da a_0 qatorning boshlang'ich darajasi, a_1 - chiziqli qo'shimcha o'sish, a_2 - o'sish tezligi, a_3 - o'sish tezligining o'zgarishi deb ataladi.

Iqtisodiy tadqiqotlarda ko'p hollarda uchinchi tartibdan katta bo'lmagan polinomlar qo'llaniladi.

Birinchi darajali polinom $y_t = a_0 + a_1 t$ grafikda to'g'ri chiziq ko'rinishida tasvirlanadi va vaqt bo'yicha bir tekisda rivojlanuvchi jarayonlarni ifodalashda foydalaniladi.

Ikkinchi darajali polinom $y_t = a_0 + a_1 t + a_2 t^2$ grafikda parabola ko'rinishida tasvirlanadi va jarayon rivojlanishi tekis tezlanuvchan bo'lgan hollarda foydalaniladi.

Uchinchi darajali $y_t = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3$ polinomda qo'shimcha o'sish ishorasi bir yoki ikki marta o'zgarishi mumkin.

Polinomlar parametrlarini aniqlash kichik kvadratlar usulida amalga oshiriladi. To'g'ri chiziq koeffitsientlarini aniqlash uchun normal tenglamalar quyidagi ko'rinishga ega:

$$\begin{cases} \sum y_t = a_0 n + a_1 \sum t \\ \sum y_t \cdot t = a_0 \sum t + a_1 \sum t^2 \end{cases}$$

Tenglamalar sistemasining koeffitsientlari a_0 va a_1 larni Kramer formulasi bo'yicha hisoblanadi.

Koordinata boshini dinamika qatorining o'rtasiga ko'chirish yo'li bilan normal tenglamalar sistemasini soddalashtirish va ko'rsatkichlar mutloq qiymatlarini kamaytirish mumkin. Agar koordinata boshini ko'chirmasdan avval $t = 1, 2, 3, \dots$ bo'lgan bo'lsa, u holda ko'chirgandan so'ng:

- qator elementlari soni juft bo'lgan holda,

$$t = \dots, -5, -3, -1, 1, 3, 5, \dots$$

- qator elementlari soni toq bo'lgan holda,

$$t = \dots, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, \dots \text{ qiymatlarni olamiz.}$$

Ushbu holatda to'g'ri chiziqning koeffitsientlari quyidagi ifodadan topiladi:

$$a_0 = \sum y_t / n; \quad a_1 = \sum y_t \cdot t / \sum t^2. \quad (10.4)$$

Huddi shu usulda ikkinchi tartibli polinom koeffitsientlari aniqlanadi:

$$\begin{aligned} a_0 &= \sum y_t / n - \sum t^2 / n \{ (n \sum y_t \cdot t^2 - \sum t^2 \sum y_t) / [n \sum t^4 - (\sum t^2)^2] \} \\ a_1 &= \sum y_t \cdot t / \sum t^2; \\ a_2 &= (n \sum y_t \cdot t^2 - \sum t^2 \cdot \sum y_t) / [n \sum t^4 - (\sum t^2)^2]. \end{aligned} \quad (10.5)$$

3-misol

Firmaning ishlab chiqarish bo'yicha 8 oylik ma'lumotlari asosida:

- $y_t = a_0 + a_1 t \dots$ chiziqli trendning a_0 va a_1 koeffitsientlarini va bir oy oldinga bashorat ko'rsatkichini;

- $y_t = a_0 + a_1 t + a_2 t^2$ parabolik trendning a_0, a_1, a_2 koeffitsientlarini va bir oy oldinga bashorat ko'rsatkichlarini hisoblang.

Yechimi

Chiziqli va parabolik trendlarning koeffitsientlarini hisoblash uchun normal tenglamalar sistemasidan olingan ifodalardan foydalanamiz.

Kordinata boshi (t')ni ko'chiramiz va zarur bo'lgan hisoblashlarni amalga oshirib berilgan va hisoblangan ma'lumotlarni jadvalga kiritamiz.

1. Chiziqli trend.

Nº	t'	y_t	$(t')^2$	$y_t \cdot t'$
1	-7	3423	49	-23961
2	-5	3321	25	-16605
3	-3	3210	9	-9630
4	-1	3122	1	-3122
5	1	3034	1	3034
6	3	2940	9	8820
7	5	2845	25	14225
8	7	2739	49	19173
jami	0	24634	168	-8066

Chiziqli trend koeffitsientlari qiymatini (9.4) formulani qo'llab hisoblaymiz.

$$\begin{cases} a_0 = \sum y_t / n = 24634 / 8 = 3079,25; \\ a_1 = \sum y_t \cdot t' / \sum (t')^2 = -8066 / 168 = -48,01. \end{cases}$$

Shunday qilib, $t=0$ da qator darajasining o'rtacha qiymati 3079,25 ni tashkil etadi, mahsulot ishlab chiqarishning o'rtacha oylik o'zgarishi - 48,01 ni tashkil etadi, ya'ni o'rtacha oylik ishlab chiqarish 48,01 ga kamayadi.

Hisoblangan koeffitsientlarni chiziqli trendga qo'yib quyidagiga tenglamaga ega bo'lamiz:

$$\tilde{y}_t = 3079,25 - 48,01 \cdot t'$$

Hosil bo'lgan tenglamaga ko'ra 9 - oy uchun ko'rsatkichning bashorat qiymati quyidagiga teng bo'ladi:

$$\tilde{y}_9 = 3079,25 - 48,01 \cdot 9 = 2647,16$$

2. Parabolik trend.

t	t'	y_t	$(t')^2$	$y_t t'$	$(t')^3$	$(t')^4$	$(y_t(t'))^2$
1	-7	3423	49	-23961	-343	2401	167727
2	-5	3321	25	-16605	-125	625	83025
3	-3	3210	9	-9630	-27	81	28890
4	-1	3122	1	-3122	-1	1	3122
5	1	3034	1	3034	1	1	3034
6	3	2940	9	8820	27	81	26460
7	5	2845	25	14225	125	625	71125
8	7	2739	49	19173	343	2401	134211
Jami	0	24634	168	-8066	0	6216	517594

Parabolik trend koeffitsientlarini (9.5) formula bilan hisoblaymiz.

$$a_0 = 3077,05; \quad a_1 = -48,01; \quad a_2 = 0,105.$$

Natijada parabolik trend tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\hat{y}_t = 3077,05 - 48,01 \cdot t' + 0,105(t')^2.$$

9-oy uchun ko'rsatkichning bashorat qiymati quyidagiga teng:

$$\hat{y}_t = 3077,05 - 48,01 \cdot 9 + 0,105 \cdot 9^2 = 2653,47.$$

Modellar aniqlik darajasini tavsifi. Modellar aniqligi darajasini bashoratlash hatoligining qiymati bo'yicha aniqlaniladi.

Bashoratning mutloq hatoligi quyidagi formula yordamida aniqlaniladi:

$$\Delta_t = \hat{y}_t - y_t, \quad (10.6)$$

Bu erda $\hat{y}_t$ - ko'rsatkichning bashorat qiymati, y_t - haqiqiy qiymati.

Amaliyotda ko'proq bashoratning nisbiy hatoligi qo'llaniladi va u quyidagicha hisoblanadi:

$$\delta_t = 100(\hat{y}_t - y_t) / y_t$$

(10.7)

Modul bo'yicha o'rtacha mutloq va nisbiy xatoliklar quyidagicha aniqlaniladi:

$$|\bar{\Delta}| = (\sum |\hat{y}_t - y_t|) / n; \quad |\bar{\delta}| = (100 \sum |(\hat{y}_t - y_t) / y_t|) / n. \quad (10.8)$$

Agar mutloq va nisbiy xatoliklar nuldan katta bo'lsa, bunday holat bashorat qiymatining oshib ketganligidan, agar u nuldan kichik bo'lsa kamayib ketganligidan dalolat beradi.

4-misol.

Jadvalda yuk tashish hajmi va uning bashorat qiymati berilgan.

t	1	2	3	4	5	6	7
y_t	267	267	258	262	253	257	263
1-model bo'yicha boshorat	275	253	250	269	253	248	250
2-model bo'yicha bashorat	260	275	253	278	263	251	269

Ikki modelda hisoblangan bashorat qiymatlar uchun moduli bo'yicha nisbiy xatolik va o'rtacha mutloq xatolikni toping.

Yechimi. (10.6) – (10.8) formulalar asosida hisoblangan modul bo'yicha nisbiy xatolik va modul bo'yicha o'rtacha mutloq xatolik natijalarini jadval ko'rinishda ifodalaymiz.

Bashorat natijasining xatoligi o'rtacha mutloq va o'rtacha nisbiy xatolik qiymatlari bo'yicha ikkinchi modelda kichikroq bo'lgani uchun shu model haqiqatni to'la aks ettiradi deb hisoblanadi.

t	y_t	Bashorat		Modul bo'yicha mutloq xatolik		Modul bo'yicha nisbiy xatolik	
		1-model	2-model	1-model	2-model	1-model	2-model
1	267	275	260	8	7	2,996	2,545
2	267	253	275	14	8	5,243	3,162
3	258	250	253	8	5	3,101	2,0
4	262	269	278	7	16	2,672	5,948

5	253	253	263	0	10	0	3,953
6	257	248	251	9	6	3,502	2,419
7	263	250	269	13	6	4,943	2,4
O'rtacha xatolik				8,43	8,29	3,208	3,204

Tavsiya etilgan adabiyotlar ro'yxati:

1. Ishnazarov A., Nurullayeva Sh., D.M.Rasulov, Xomidov S., Ekonometrika kirish. O'quv qo'llanma. – T.: Iqtisodiyot, 2019 y -210 b.
2. Картаев Ф., АВведение в эконометрику:учебник,-М.: Экономический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова: Проспект. 2021-472 с.
3. Елисеева И.И. и др. Эконометрика: Учебник для бакалавриата и магистратуры- М.: Юрайт, 2018. –449 с.
4. Мустафакулов Ш., Негматов Ж., Жураев., Муродуллаев Н., Эконометрика: ўқув қўлланма Тошкент: ILMIY TEXNIKA AXBOROTI-PRESS NASHRIYOTI, 2017-155 б.

Nazorat uchun savollar:

1. Iqtisodiy jarayonlar dinamikasini miqdoriy baholash nimalar asosida olib boriladi?
2. Davriy qatorlarni dastlabki tahlilni o'tkazishda qanday usullardan foydalaniladi?
3. O'rtacha o'sish sur'ati formulasini keltiring?
4. Birinchi, ikkinchi, uchinchi tartibli polinomlar haqida ma'lumot bering?
5. Polinomlar parametrlarini qanday aniqlanadi?

FAN BO'YICHA TESTLAR:

1. Ekonometrika – bu:

- a) Matematika va iqtisodiyot sintezi;
- b) Matematika va statistika sintezi;
- c) Matematika, iqtisodiyot va statistika sintezi;
- d) Ehtimollar nazariyasi va iqtisodiyot sintezi.

2. Ekonometrik model – bu:

- a) Matematik belgilar tizimi;
- b) Balansli matritsalar;
- c) Axborotlar tizimi;
- d) Tenglamalar va tengsizliklar tizimi.

3. Ekonometrik usullar va modellar ahamiyati quyidagilardan iborat:

- a) Iqtisodiy va tabiiy fanlarni rivojlantirishda yetakchi vosita bo'lib xizmat qiladi;
- b) Iqtisodiyotning kelgusidagi rivojlanishini oldindan aytib berib tuzilgan prognozlarni umumiy amalga oshirish vaqtida ayrim tuzatishlarni kiritish imkonini beradi;
- c) Hisoblash ishlarini mexanizatsiyalash va avtomatlashtirish bilan birga, aqliy mehnatni yengillashtiradi va iqtisodiy soha xodimlarning mehnatini ilmiy asosda tashkil etadi va boshqaradi;
- d) Hamma javoblar to'g'ri.

4. Ekonometrik modellashtirish quyidagi bosqichdan iborat:

- a) Bir bosqichdan;
- b) Ikki bosqichdan;
- c) Besh bosqichdan;
- d) Yetti bosqichdan.

5. Ekonometrik modellashtirish bosqichlaridan birinchi bosqichni aniqlang:

- a) Iqtisodiy jarayon har tomonlama nazariy, sifat jihatdan tahlil qilinadi va uning parametrlari, ichki va tashqi informatsion aloqalar, ishlab chiqarish resurslari, rejalashtirish davri kabi ko'rsatkichlar aniqlanadi;
- b) Bosqichda izlanayotgan noma'lum o'zgaruvchilar nima, qanday maqsadni ko'zda tutadi, natija nimalarga olib keladi kabi savollar aniqlangan bo'lishi kerak;
- c) Modellashtirilayotgan jarayonning ekonometrik modeli tenglamalari va tengsizliklar tizimi shaklida ifodalanadi;
- d) Tuzilgan ekonometrik modelning miqdoriy yechimini aniqlaydigan usul tanlanadi.

6. Ekonometrik modellashtirish bosqichlaridan ikkinchi bosqichni aniqlang:

- a) Iqtisodiy jarayon har tomonlama nazariy, sifat jihatdan tahlil qilinadi va uning parametrlari, ichki va tashqi informatsion aloqalar, ishlab chiqarish resurslari, rejalashtirish davri kabi ko'rsatkichlar aniqlanadi;
- b) Bosqichda izlanayotgan noma'lum o'zgaruvchilar nima, qanday maqsadni ko'zda tutadi, natija nimalarga olib keladi kabi savollar aniqlangan bo'lishi kerak;
- c) Modellashtirilayotgan jarayonning ekonometrik modeli tenglamalari va tengsizliklar tizimi shaklida ifodalanadi;
- d) Tuzilgan ekonometrik modelning miqdoriy yechimini aniqlaydigan usul tanlanadi.

7. Ekonometrik modellashtirish bosqichlaridan uchinchi bosqichni aniqlang:

- a) Iqtisodiy jarayon har tomonlama nazariy, sifat jihatdan tahlil qilinadi va uning parametrlari, ichki va tashqi informatsion aloqalar,

ishlab chiqarish resurslari, rejalashtirish davri kabi ko'rsatkichlar aniqlanadi;

b) Bosqichda izlanayotgan noma'lum o'zgaruvchilar nima, qanday maqsadni ko'zda tutadi, natija nimalarga olib keladi kabi savollar aniqlangan bo'lishi kerak;

c) Modellashtirilayotgan jarayonning ekonometrik modeli tenglamalari va tengsizliklar tizimi shaklida ifodalanadi;

d) Tuzilgan ekonometrik modelning miqdoriy yechimini aniqlaydigan usul tanlanadi.

8. Ekonometrik modellashtirish bosqichlaridan to'rtinchi bosqichni aniqlang:

a) Iqtisodiy jarayon har tomonlama nazariy, sifat jihatdan tahlil qilinadi va uning parametrlari, ichki va tashqi informatsion aloqalar, ishlab chiqarish resurslari, rejalashtirish davri kabi ko'rsatkichlar aniqlanadi;

b) Bosqichda izlanayotgan noma'lum o'zgaruvchilar nima, qanday maqsadni ko'zda tutadi, natija nimalarga olib keladi kabi savollar aniqlangan bo'lishi kerak;

c) Modellashtirilayotgan jarayonning ekonometrik modeli tenglamalari va tengsizliklar tizimi shaklida ifodalanadi;

d) Tuzilgan ekonometrik modelning miqdoriy yechimini aniqlaydigan usul tanlanadi.

9. Ekonometrik modellashtirish bosqichlaridan beshinchi bosqichni aniqlang:

a) Masalani yechish uchun kerak bo'lgan barcha iqtisodiy ma'lumotlar to'planadi;

b) Olingan ma'lumotlar statistik tahlil qilinib, kompyuterda tanlangan usul va dastur orqali qo'yilgan vazifa yechiladi;

c) Olingan natija iqtisodiy tahlil qilinadi va optimal variant tanlanadi;

d) Tuzilgan iqtisodiy-matematik modelning miqdoriy yechimini aniqlaydigan usul tanlanadi

10. Ekonometrik modellashtirish bosqichlaridan oltinchi bosqichni aniqlang:

- a) Masalani yechish uchun kerak bo'lgan barcha iqtisodiy ma'lumotlar to'planadi;
- b) Olingan ma'lumotlar statistik tahlil qilinib, kompyuterda tanlangan usul va dastur orqali qo'yilgan vazifa yechiladi;
- c) Olingan natija iqtisodiy tahlil qilinadi va optimal variant tanlanadi;
- d) Tuzilgan ekonometrik modelning miqdoriy yechimini aniqlaydigan usul tanlanadi.

11. Ekonometrik modellashtirish bosqichlaridan yettinchi bosqichni aniqlang:

- a) Masalani yechish uchun kerak bo'lgan barcha iqtisodiy ma'lumotlar to'planadi;
- b) Olingan ma'lumotlar statistik tahlil qilinib, kompyuterda tanlangan usul va dastur orqali qo'yilgan vazifa yechiladi;
- c) Olingan natija iqtisodiy tahlil qilinadi va optimal variant tanlanadi;
- d) Tuzilgan iqtisodiy-matematik modelning miqdoriy yechimini aniqlaydigan usul tanlanadi.

12. Ekonometrik modellar iqtisodiy jarayonlarini:

- a) Miqdoriy va sifat jihatdan o'rganadi;
- b) Sifat jihatdan o'rganadi;
- c) Psixologik jihatdan o'rganadi;
- d) Analitik jihatdan o'rganadi.

13. Fisher mezoni quyidagini ko'rsatadi:

- a) Omillar orasidagi bog'lanish zichligini;
- b) Olingan modelning o'rganilayotgan jarayonga mosligini;
- c) Olingan modeldagi koeffitsientlarning ahamiyatliligini;
- d) Korrelyatsiya koeffitsientining ishonchliligini.

14. Korrelyatsiya – bu:

- a) Omillar orasidagi bog'lanish zichligi;
- b) Normal tenglamalar tizimi;
- c) Omillarning koordinata o'qidan uzoqlashishi;
- d) Model ishonchliligi.

15. Korrelyatsiya koeffitsientini aniqlovchi bandni ko'rsating:

a) $r_{xy} = \frac{\overline{xy} - \bar{x}\bar{y}}{\sigma_x - \sigma_y}$

b) $r_{xy} = \frac{\overline{xy} - \bar{x}\bar{y}}{\sigma_x * \sigma_y}$

c) $r_{xy} = \frac{\overline{xy} - \bar{x}\bar{y}}{\sigma_x \sigma_y}$

d) $r_{xy} = \frac{\overline{xy} - xy}{\sigma_x * \sigma_y}$

16. Determinatsiya koeffitsienti aniqlanadigan qatorni ko'rsating:

a) $d = \sqrt{r_{xy}}$

b) $d = r^2_{xy}$

c) $d = \sqrt{1 - r^2_{xy}}$

d) $d = r_{xy}$

17. Determinatsiya koeffitsienti yordamida nima aniqlanadi?

- a) Omillarning zich bog'langanligi;
- b) Omillar orasidagi to'g'ri yoki teskari aloqa mavjudli;
- c) Regressiya tenglamasida natijaviy ko'rsatkichga eng kuchli ta'sir etuvchi omil;
- d) Natijaviy ko'rsatkichning necha foizga modelga kiritilgan omillarda n tashkil topishi.

18. Darbin-Uotson mezoni nimani ko'rsatadi?

- a) Regressiya tenglamasining real jarayonga mos kelishini;
- b) Omillar regression modelga to'g'ri kiritilganligini;

- c) Natijaviy omil qatorida avtokorrelyatsiya mavjudligini;
- d) Natijaviy omil qatorida avtoregressiyaning mavjudligini.

19. Multikollinearlik - bu:

- a) Natijaviy omil bilan ta'sir etuvchi omillar orasidagi aloqaning mavjud emasligi;
- b) Natijaviy omil bilan ta'sir etuvchi omillar orasidagi aloqaning 0 va 0,5 oraliqda ekanligi;
- c) Ta'sir etuvchi omillar orasida zich aloqaning mavjudligi;
- d) Xususiy korrelyatsiya koeffitsienti -1 va 0 oralig'ida bo'lishi.

20. Korrelyatsiya koeffitsientlari necha xil turda bo'ladi?

- a) Juft, xususiy va ko'plikdagi;
- b) Juft, ko'plikdagi, doimiy;
- c) Xususiy, ko'plikdagi, o'zgaruvchan;
- d) Ko'plikdagi, doimiy, multikollinear.

21. Regressiya tenglamasi – bu:

- a) Ta'sir etuvchi omillar orasidagi munosabat;
- b) Natijaviy omil va unga ta'sir etuvchi omillar orasidagi bog'lanishning shakli;
- c) Asosiy omil va unga ta'sir etuvchi omillar orasidagi bog'lanish zichligi;
- d) Omillar orasidagi munosabatni ko'rsatmaydi.

22. Elastiklik koeffitsienti nimani ko'rsatadi:

- a) Natijaviy omilning 1 foizga o'zgarishini
- b) Ta'sir etuvchi omilning 1 foizga o'zgarishi, natijaviy omilning qanchaga o'zgarishini ko'rsatadi;
- c) Ta'sir etuvchi omilning bir birlikka o'zgarishi, natijaviy omilning necha foizga o'zgarishini ko'rsatadi;
- d) Natijaviy omilning vaqtga nisbatan qancha birlikka o'zgarishini ko'rsatadi.

23. Qaysi bandda elastiklik koeffitsientini aniqlash formulasi to'g'ri keltirilgan:

- a) $\Delta_i = \frac{a_t}{\bar{x}_i * \bar{y}_i}$
- b) $\Delta_i = \frac{\bar{x}_i * a_t}{\bar{y}_i}$
- c) $\Delta_i = \frac{a_t * \bar{y}_i}{\bar{x}_i}$
- d) $\Delta_i = \frac{\bar{y}_i}{\bar{x}_i}$

24. Regressiya koeffitsienti – :

- a) Ta'siretuvchi va natijaviy omil orasidagi bog'lanish zichligini ko'rsatadi;
- b) Ta'sir etuvchi omilning bir birlikka o'zgarishi, natijaviy omilning qanchaga o'zgarishini ko'rsatadi;
- c) Ta'sir etuvchi omilning bir foizga o'zgarishi, natijaviy omilning necha foizga o'zgarishini ko'rsatadi;
- d) Natijaviy omilning bir birlikka o'zgarishi, ta'sir etuvchi omilning qanchaga o'zgarishini ko'rsatadi.

25. Regressiya koeffitsienti ishonchliligi:

- a) Determinatsiya koeffitsienti orqali aniqlanadi;
- b) Korrelyatsiya koeffitsienti orqali aniqlanadi;
- c) Fisher mezoni orqali aniqlanadi;
- d) Styudent mezoni orqali aniqlanadi.

26. Korrelyatsion tahlil asosida -

- a) O'zgaruvchi miqdorlar orasidagi o'zaro munosabat o'rganiladi;
- b) Doimiy miqdorlar orasidagi o'zaro munosabat o'rganiladi;
- c) O'zgaruvchi miqdorlarning real jarayonga mos kelishi o'rganiladi;
- d) O'zgarmas miqdorlarning real jarayonga mos kelishi o'rganiladi.

27. Kobba-Duglas ishlab chiqarish funksiyasi - bu:

- a) Bir jinsli, birinchi darajali funksiya;
- b) Bir jinsli, ikkinchi darajali funksiya;
- c) Bir jinsli, chiziqli funksiya;
- d) Bir jinsli, n - darajali funksiya.

28. Ushbu funksiyalardan qaysi biri chiziqli funksiya?

- a) $y=abx$;
- b) $y=ab/x$;
- c) $y=abx^2$;
- d) $y=abxc/x^2$.

29. Eng kichik kvadratlar usulidan:

- a) Dinamik qatorlarni tekislash uchun foydalaniladi;
- b) Omillar orasidagi bog'lanish zichligini aniqlashda foydalaniladi;
- c) Dinamik qatorlardagi o'rtacha qiymatlarni aniqlashda foydalaniladi;
- d) Omillarning o'rtacha kvadrat chetlanishini aniqlashda foydalaniladi;

30. Korrelyatsiya koeffitsient r_{xy} qanday intervaldi o'zgaradi?

- a) $0 < r_{xy} < 1$
- b) $-1 \leq r_{xy} \leq 1$
- c) $-1 < r_{xy} < 0$
- d) $-\infty < r_{xy} < \infty$

31. Kobba-Duglas ishlab chiqarish funksiyasida chekli mehnat unumdorligini aniqlash formulasi qaysi banda keltirilgan?

- a) $\frac{\partial Y}{\partial L}$
- b) $\frac{\partial Y}{\partial A - \partial L}$
- c) $\partial Y - \partial L$
- d) $\frac{\partial Y}{\partial K}$

32. Kobba-Duglas ishlab chiqarish funksiyasida chekli xarajatlar – bu:

- a) Bir-birlik mahsulot ishlab chiqarishga ketadigan o'rtacha xarajatlar;
- b) Qo'shimcha mahsulot ishlab chiqarishga ketadigan qo'shimcha xarajatlar;
- c) Bir-birlik mahsulotni ishlab chiqarishga ketadigan to'liq xarajatlar;
- d) Reja ko'rsatkichlarini bajarmaslik bilan bog'liq xarajatlar.

33. Iqtisodiy jarayonlarini prognozlash – bu:

- a) Bir-birlik mahsulot ishlab chiqarishga ketadigan o'rtacha xarajatlarni aniqlash;
- b) Ko'rsatkichlarning istiqboldagi holatini aniqlash;
- c) Foyda darajasini maksimallashtirish;
- d) Reja ko'rsatkichlarini haqiqiy ko'rsatkichlar bilan taqqoslash.

34. Agar biror bir mahsulotga taklifning baho bo'yicha elastikligi 1,2 ga teng bo'lsa:

- a) Ushbu mahsulot elastik bo'ladi;
- b) Ushbu mahsulot noelastik bo'ladi;
- c) Ushbu mahsulot birga teng elastik bo'ladi;
- d) Ushbu mahsulotni kamroq ishlab chiqarish kerak.

35. Kobba-Duglas ishlab chiqarish funksiyasida quyidagi omillar qatnashishi shart:

- a) Yalpi mahsulot, asosiy fondlar;
- b) Mehnat harajati, asosiy fondlar;
- c) Yalpi mahsulot, mehnat harajati, asosiy fondlar;
- d) Asosiy fondlar.

36. Kobba-Duglas ishlab chiqarish funksiyasi keltirilgan qatorni ko'rsating:

- a) $y = a_0 x_1^{a_1} x_2^{a_2}$
- b) $y = x_1^{a_1} x_2^{a_2}$

c) $y = a_0 x_2^{a_2}$

d) $y = a_0 x_1 x_2$

37. Kobba-Duglas ishlab chiqarish funksiyasida o'rtacha mehnat unumdorligi quyidagicha aniqlanadi:

a) $\frac{y}{x_1} = a_0 x_1^{a_1} x_2^{a_2}$

b) $\frac{y}{x_1} = a_0 x_1^{a_1-1} x_2^{a_2}$

c) $\frac{x_1}{y} = a_0 x_1^{a_1-1} x_2^{a_2}$

d) $y = a_0 x_1 x_2$

38. O'rtacha mehnat unumdorligi nimani ko'rsatadi?

a) Mehnat xarajati oshib borganda o'rtacha mehnat unumdorligi oshadi;

b) Mehnat xarajati oshib borganda o'rtacha mehnat unumdorligi o'zgarmaydi;

c) Mehnat xarajati oshib borganda o'rtacha mehnat unumdorligi pasayib boradi;

d) O'rtacha mehnat unumdorligi oshib borganda mehnat xarajati pasayib boradi.

39. Kobba-Duglas ishlab chiqarish funksiyasida chekli mehnat unumdorligi qaysi formula bilan aniqlanadi?

a) $\frac{\partial Y}{\partial x_1} = x_1^{a_1-1} x_2^{a_2}$

b) $\frac{\partial Y}{\partial x_1} = a_0 a_1 x_1^{a_1-1} x_2^{a_2}$

c) $\frac{\partial Y}{\partial x_1} = a_0 x_1^{a_1-1}$

d) $\frac{\partial Y}{\partial x_1} = a_0 x_1^{a_1-1} x_2^{a_2-1}$

40. Mehnat xarajatlari bo'yicha yalpi mahsulotning elastiklik koeffitsienti quyidagi formula bilan aniqlanadi:

a) $a_1 = \frac{\partial Y}{\partial x_1}$

b) $a_1 = \frac{\partial x_1}{\partial Y} \frac{x_1}{Y}$

c) $a_1 = \frac{\partial Y}{\partial x_1} \frac{x_1}{Y}$

d) $a_1 = \frac{\partial Y}{\partial x_1} \frac{Y}{x_1}$

41. Mehnat xarajatlari bo'yicha yalpi mahsulotning elastiklik koeffitsienti:

a) Mehnat xarajatlari bir foizga o'zgarganda, mahsulot ishlab chiqarish qiymati necha foizga o'zgarishini ko'rsatadi;

b) Mehnat xarajatlari bir birlikka o'zgarganda, mahsulot ishlab chiqarish qiymati necha birlikka o'zgarishini ko'rsatadi;

c) Mehnat xarajatlari bir foizga o'zgarganda, mahsulot ishlab chiqarish qiymati o'zgarmasligini ko'rsatadi;

d) Mehnat xarajatlari bir birlikka o'zgarganda, mahsulot ishlab chiqarish qiymati necha foizga o'zgarishini ko'rsatadi.

42. Kobba-Duglas ishlab chiqarish funksiyasida o'rtacha fondlar qaytimi quyidagicha aniqlanadi:

a) $\frac{y}{x_2} = a_0 x_1^{a_1} x_2^{a_2-1}$

b) $\frac{y}{x_2} = a_0 x_1^{a_1-1} x_2^{a_2-1}$

c) $\frac{x_2}{y} = a_0 x_1^{a_1} x_2^{a_2-1}$

d) $y = a_0 x_1 x_2$

43. O'rtacha fondlar qiymati nimani ko'rsatadi?

a) Fondlar qiymati oshib borganda o'rtacha fondlar qiymati oshadi;

b) Fondlar qiymati oshib borganda o'rtacha fondlar qiymati o'zgarmaydi;

c) Fondlar qiymati oshib borganda o'rtacha fondlar qiymati pasayib boradi;

d) O'rtacha fondlar qiymati oshib borganda fondlar qiymati pasayib boradi.

44. Kobba-Duglas ishlab chiqarish funksiyasida chekli fondlar qaytimi quyidagi aniqlanadi:

a) $\frac{\partial Y}{\partial K}$

b) $\frac{\partial Y}{A - \partial K}$

c) $\frac{\partial Y}{\partial L}$

d) $\partial Y * \partial L$

45. Kobba-Duglas ishlab chiqarish funksiyasida chekli fondlar qaytimi – bu:

a) Bir birlik mahsulot ishlab chiqarishga ketadigan o'rtacha fondlar qiymati;

b) Qo'shimcha mahsulot ishlab chiqarishga ketadigan qo'shimcha fondlar qiymati;

c) Bir-birlik mahsulotni ishlab chiqarishga ketadigan to'liq xarajatlar;

d) Reja ko'rsatkichlarini bajarmaslik bilan bog'liq xarajatlar.

46. Kobba-Duglas ishlab chiqarish funksiyasida chekli fondlar qaytimi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

a) $\frac{\partial Y}{\partial x_2} = x_1^{a_1} x_2^{a_2-1}$

b) $\frac{\partial Y}{\partial x_2} = a_0 a_2 x_1^{a_1} x_2^{a_2-1}$

c) $\frac{\partial Y}{\partial x_2} = a_0 x_2^{a_2-1}$

d) $\frac{\partial Y}{\partial x_2} = a_0 x_1^{a_1-1} x_2^{a_2-1}$

47. Asosiy fondlar bo'yicha yalpi mahsulotning elastiklik koeffitsienti quyidagi formula bilan aniqlanadi:

a) $a_2 = \frac{\partial Y}{\partial x_2}$

b) $a_2 = \frac{\partial x_2}{\partial Y} \frac{x_2}{Y}$

c) $a_2 = \frac{\partial Y}{\partial x_2} \frac{Y}{x_2}$

d) $a_2 = \frac{\partial Y}{\partial x_2} \frac{x_2}{Y}$

48. Asosiy fondlar bo'yicha yalpi mahsulotning elastiklik koeffitsienti quyidagini ko'rsatadi:

a) Fondlar qiymati bir foizgao'zgarganda, mahsulot ishlab chiqarish qiymati necha foizgao'zgarishini ko'rsatadi;

b) Fondlar qiymati bir birlikka o'zgarganda, mahsulot ishlab chiqarish qiymati necha birlikka o'zgarishini ko'rsatadi;

c) Fondlar qiymati bir foizgao'zgarganda, mahsulot ishlab chiqarish qiymati o'zgarmasligini ko'rsatadi;

d) Fondlar qiymati bir birlikka o'zgarganda, mahsulot ishlab chiqarish qiymati necha foizgao'zgarishini ko'rsatadi.

49. Kobba-Duglas ishlab chiqarish funksiyasida elastiklik koeffitsientlarning yig'indisi $A=1$ bo'lsa:

a) Resurslarning m martagako'payishi, ishlab chiqarish hajmini ham m marta ko'payishini ko'rsatadi;

b) Resurslarning m marta ko'payishi, ishlab chiqarish hajmini m marta oshiq ko'payishini ko'rsatadi;

c) Resurslarning m martagako'payishi, ishlab chiqarish hajmini m marta kamroq ko'payishini ko'rsatadi;

d) Resurslarning m martagako'payishi, ishlab chiqarish hajmi o'zgarmasligini ko'rsatadi.

350. Kobba-Duglas ishlab chiqarish funksiyasida elastiklik koeffitsientlarining yig'indisi $A > 1$ bo'lsa:

- a) Resurslarning m martaga ko'payishi, ishlab chiqarish hajmini ham m martaga ko'payishini ko'rsatadi;
- b) Resurslarning m martaga ko'payishi, ishlab chiqarish hajmini m martadan ortiq ko'payishini ko'rsatadi;
- c) Resurslarning m martaga ko'payishi, ishlab chiqarish hajmini m martadan kamroq ko'payishini ko'rsatadi;
- d) Resurslarning m martaga ko'payishi, ishlab chiqarish hajmi o'zgarmasligini ko'rsatadi.

51. Kobba-Duglas ishlab chiqarish funksiyasida elastiklik koeffitsientlarining yig'indisi $A < 1$ bo'lsa:

- a) Resurslarning m martaga ko'payishi, ishlab chiqarish hajmini ham m martaga ko'payishini ko'rsatadi;
- b) Resurslarning m martaga ko'payishi, ishlab chiqarish hajmini m martadan ortiq ko'payishini ko'rsatadi;
- c) Resurslarning m martaga ko'payishi, ishlab chiqarish hajmini m martadan kamroq ko'payishini ko'rsatadi;
- d) Resurslarning m martaga ko'payishi, ishlab chiqarish hajmi o'zgarmasligini ko'rsatadi.

52. Diskret tasodifiy miqdorning matematik kutilishini aniqlovchi qatorni ko'rsating:

- a) $M(X) = \sum_{i=1}^n x_i P_i$
- b) $M(X) = \sum_{i=1}^n x_i$
- c) $M(X) = \sum_{i=1}^n P_i$
- d) $M(X) = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{P_i}$

53. Matematik kutilishning birinchi xossasi:

- a) O'zgarmas miqdorning matematik kutilishi shu o'zgarmasning o'ziga teng: $M(C) = C$;

- b) O'zgaras ko'paytuvchini matematik kutilish belgisidan tashqariga chiqarish mumkin: $M(CX)=CM(X)$;
- c) Ikkita erkli X va Y tasodifiy miqdorlar ko'paytmasining matematik kutilishi ularning matematik kutilishlari ko'paytmasiga teng: $M(XY)=M(X)M(Y)$;
- d) Ikkita tasodifiy miqdor yig'indisining matematik kutilishi qo'shiluvchilarning matematik kutilishlar yig'indisiga teng: $M(XY)=M(X)M(Y)$.

54. Matematik kutilishning ikkinchi xossasi:

- a) O'zgaras miqdorning matematik kutilishi shu o'zgarasning o'ziga teng: $M(C)=C$;
- b) O'zgaras ko'paytuvchini matematik kutilish belgisidan tashqariga chiqarish mumkin: $M(CX)=CM(X)$;
- c) Ikkita erkli X va Y tasodifiy miqdorlar ko'paytmasining matematik kutilishi ularning matematik kutilishlari ko'paytmasiga teng: $M(XY)=M(X)M(Y)$;
- d) Ikkita tasodifiy miqdor yig'indisining matematik kutilishi qo'shiluvchilarning matematik kutilishlar yig'indisiga teng: $M(XY)=M(X)M(Y)$.

55. Matematik kutilishning uchinchi xossasi:.

- a) O'zgaras miqdorning matematik kutilishi shu o'zgarasning o'ziga teng: $M(C)=C$;
- b) O'zgaras ko'paytuvchini matematik kutilish belgisidan tashqariga chiqarish mumkin: $M(CX)=CM(X)$;
- c) Ikkita erkli X va Y tasodifiy miqdorlar ko'paytmasining matematik kutilishi ularning matematik kutilishlari ko'paytmasiga teng: $M(XY)=M(X)M(Y)$;
- d) Ikkita tasodifiy miqdor yig'indisining matematik kutilishi qo'shiluvchilarning matematik kutilishlar yig'indisiga teng: $M(XY)=M(X)M(Y)$.

56. Matematik kutilishning to'rtinchi xossasi:.

- a) O'zgarmas miqdorning matematik kutilishi shu o'zgarmasning o'ziga teng: $M(C)=C$;
- b) O'zgarmas ko'paytuvchini matematik kutilish belgisidan tashqariga chiqarish mumkin: $M(CX)=CM(X)$;
- c) Ikkita erkli X va Y tasodifiy miqdorlar ko'paytmasining matematik kutilishi ularning matematik kutilishlari ko'paytmasiga teng: $M(XY)=M(X)M(Y)$;
- d) Ikkita tasodifiy miqdor yig'indisining matematik kutilishi qo'shiluvchilarning matematik kutilishlar yig'indisiga teng: $M(X+Y)=M(X)+M(Y)$.

57. X tasodifiy miqdorning k -tartibli boshlang'ich momentini hisoblash formulasini ko'rsating:

- a) $\vartheta_k = M(x^k)$
- b) $\mu_k = M[(X - M(X))^k]$
- c) $\vartheta_k = M(X)$
- d) $\mu_k = M[(XM(X))^k]$

58. X tasodifiy miqdorning k -tartibli markaziy momentini hisoblash formulasini ko'rsating:

- a) $\vartheta_k = M(x^k)$
- b) $\mu_k = M[(X - M(X))^k]$
- c) $\vartheta_k = M(X)$
- d) $\mu_k = M[(XM(X))^k]$

59. Statistika to'plamning qanday turlari mavjud?

- a) Asosiy, cheklangan;
- b) Tanlama, asosiy, cheklangan, cheksiz;
- c) Cheklangan;
- d) Cheksiz, asosiy.

60. Arifmetik o'rtachani aniqlovchi bandni ko'rsating:

- a) $\bar{X} = \sum_{i=1}^n X_i$
- b) $\bar{X} = n \sum_{i=1}^n X_i$
- c) $\bar{X} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{n} X_i$
- d) $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$

61. Variatsiya – bu:

- a) Belgining o'zgarishidir;
- b) O'zgaruvchi belgining konkret ifodasi;
- c) O'zgaruvchi belgining miqdorlari majmuasi;
- d) Qatorning ekstremal qiymatlari farqi.

62. Variant – bu:

- a) Belgining o'zgarishidir;
- b) O'zgaruvchi belgining konkret ifodasi;
- c) O'zgaruvchi belgining miqdorlari majmuasi;
- d) Qatorning ekstremal qiymatlari farqi.

63. Variatsion qator – bu:

- a) Belgining o'zgarishidir;
- b) O'zgaruvchi belgining konkret ifodasi;
- c) O'zgaruvchi belgining miqdorlari majmuasi;
- d) Qatorning ekstremal qiymatlari farqi.

64. Variatsiya chegarasi – bu:

- a) Belgining o'zgarishidir;
- b) O'zgaruvchi belgining konkret ifodasi;
- c) O'zgaruvchi belgining miqdorlari majmuasi;
- d) Qatorning ekstremal qiymatlari farqi.

65. Dispersiyani (torttirilmagan) aniqlovchi bandni ko'rsating:

a) $\sigma^2 = \frac{\sum(X-\bar{X})^2}{n}$

b) $\sigma^2 = \frac{\sum(X-\bar{X})^2 m}{\sum m}$

c) $\sigma = \sqrt{\frac{\sum(X-\bar{X})^2}{n}}$

d) $\sigma = \sqrt{\frac{\sum(X-\bar{X})^2 m}{\sum m}}$

66. Dispersiyani (torttirilgan) aniqlovchi bandni ko'rsating:

a) $\sigma^2 = \frac{\sum(X-\bar{X})^2}{n}$

b) $\sigma^2 = \frac{\sum(X-\bar{X})^2 m}{\sum m}$

c) $\sigma = \sqrt{\frac{\sum(X-\bar{X})^2}{n}}$

d) $\sigma = \sqrt{\frac{\sum(X-\bar{X})^2 m}{\sum m}}$

67. O'rtacha kvadratik farqni (torttirilmagan) aniqlovchi bandni ko'rsating:

a) $\sigma^2 = \frac{\sum(X-\bar{X})^2}{n}$

b) $\sigma^2 = \frac{\sum(X-\bar{X})^2 m}{\sum m}$

c) $\sigma = \sqrt{\frac{\sum(X-\bar{X})^2}{n}}$

d) $\sigma = \sqrt{\frac{\sum(X-\bar{X})^2 m}{\sum m}}$

68. O'rtacha kvadratik farqni (torttirilgan) aniqlovchi bandni ko'rsating:

a) $\sigma^2 = \frac{\sum(X-\bar{X})^2}{n}$

b) $\sigma^2 = \frac{\sum(X-\bar{X})^2 m}{\sum m}$

$$c) \sigma = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n}}$$

$$d) \sigma = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2 m}{\sum m}}$$

69. Eng kichik kvadratlar usuli quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$a) f = \sum (Y - \bar{Y}_x)^2 \rightarrow \max$$

$$b) f = \sum (Y - \bar{Y}_x) \rightarrow \min$$

$$c) f = \sum (Y - \bar{Y}_x)^2 \rightarrow \min$$

$$d) f = \sum (Y \bar{Y}_x)^2 \rightarrow \min$$

70. Bir omilli chiziqli bog'lanishni ko'rsating:

$$a) Y_x = a_0 + a_1 X$$

$$b) Y_x = a_0 + a_1 X + a_2 X^2$$

$$c) Y_x = a_0 + a_1 X^2$$

$$d) Y_x = a_0 + a_1^X$$

71. Agar X va Y omillar kuchsiz bog'lansa, korrelyatsiya koeffitsienti r_{xy} qaysi oraliqda o'zgaradi?

$$a) 0 < r_{xy} \leq 0,3$$

$$b) 0,4 \leq r_{xy} \leq 0,6$$

$$c) 0,6 < r_{xy} \leq 0,96$$

$$d) -\infty < r_{xy} < \infty$$

72. Agar X va Y omillar o'rta kuchli bog'lansa, korrelyatsiya koeffitsienti r_{xy} qaysi oraliqda o'zgaradi?

$$a) 0 < r_{xy} \leq 0,3$$

$$b) 0,4 \leq r_{xy} \leq 0,6$$

$$c) 0,6 < r_{xy} \leq 0,96$$

$$d) -\infty < r_{xy} < \infty$$

73. Agar X va Y omillar kuchli bog'lansa, korrelyatsiya koeffitsienti r_{xy} qaysi oraliqda o'zgaradi?

- a) $0 < r_{xy} \leq 0,3$
- b) $0,4 \leq r_{xy} \leq 0,6$
- c) $0,6 < r_{xy} \leq 0,96$
- d) $-\infty < r_{xy} < \infty$

74. Styudent mezonni qaysi jarayonni aniqlaydi?

- a) Omillar orasidagi bog'lanish zichligini;
- b) Olingan modelning o'rganilayotgan jarayonga mosligini;
- c) Olingan modeldagi koeffitsientlarning ahamiyatligini, korrelyatsiya koeffitsientining ishonchliligini;
- d) Korrelyatsiya koeffitsientining ishonchliligini.

75. Regressiya modelidagi koeffitsientlar ahamiyatli deyiladi, agar:

- a) Styudent mezonining hisoblangan qiymati jadvaldagi qiymatidan katta bo'lsa;
- b) Styudent mezonining hisoblangan qiymati jadvaldagi qiymatidan kichik bo'lsa;
- c) Styudent mezonining hisoblangan qiymati jadvaldagi qiymatiga teng bo'lsa;
- d) Styudent mezonining hisoblangan qiymati 0 ga teng bo'lsa.

76. Agar $Y = V + W$ bo'lsa, $\text{Cov}(X, Y)$ aniqlovchi bandni ko'rsating:

- a) $\text{Cov}(X, Y) = \text{Cov}(X, V) + \text{Cov}(X, W)$;
- b) $\text{Cov}(X, Y) = \text{Cov}(X, bZ) = b\text{Cov}(X, Z)$;
- c) $\text{Cov}(X, Y) = \text{Cov}(X, b) = 0$;
- d) $\text{Cov}(X, Y) = \text{Cov}(X, V)$.

77. Agar $Y = bZ$ (buerda b - konstanta) bo'lsa, $\text{Cov}(X, Y)$ aniqlovchi bandni ko'rsating:

- a) $\text{Cov}(X, Y) = \text{Cov}(X, V) + \text{Cov}(X, W)$;
- b) $\text{Cov}(X, Y) = \text{Cov}(X, bZ) = b\text{Cov}(X, Z)$;

- c) $\text{Cov}(X, Y) = \text{Cov}(X, b) = 0$;
- d) $\text{Cov}(X, Y) = \text{Cov}(X, V)$.

78. Agar $Y = b$ (buerda b -konstanta) bo'lsa, $\text{Cov}(X, Y)$ aniqllovchi bandni ko'rsating:

- a) $\text{Cov}(X, Y) = \text{Cov}(X, V) \text{ Cov}(X, W)$;
- b) $\text{Cov}(X, Y) = \text{Cov}(X, bZ) = b\text{Cov}(X, Z)$;
- c) $\text{Cov}(X, Y) = \text{Cov}(X, b) = 0$;
- d) $\text{Cov}(X, Y) = \text{Cov}(X, V)$.

79. Agar $Y = V + W$ bo'lsa, $\text{Var}(Y)$ aniqllovchi bandni ko'rsating:

- a) $\text{Var}(Y) = \text{Var}(V) + \text{Var}(W) + 2\text{Cov}(V, W)$;
- b) $\text{Var}(Y) = b^2\text{Var}(Z)$;
- c) $\text{Var}(Y) = 0$;
- d) $\text{Var}(Y) = \text{Var}(V)$.

80. Agar $Y = bZ$ (buerda b -konstanta) bo'lsa, $\text{Var}(Y)$ aniqllovchi bandni ko'rsating:

- a) $\text{Var}(Y) = \text{Var}(V) + \text{Var}(W) + 2\text{Cov}(V, W)$;
- b) $\text{Var}(Y) = b^2\text{Var}(Z)$;
- c) $\text{Var}(Y) = 0$;
- d) $\text{Var}(Y) = \text{Var}(V)$.

81. Agar $Y = b$ (buerda b konstanta) bo'lsa, $\text{Var}(Y)$ aniqllovchi bandni ko'rsating:

- a) $\text{Var}(Y) = \text{Var}(V) + \text{Var}(W) + 2\text{Cov}(V, W)$;
- b) $\text{Var}(Y) = b^2\text{Var}(Z)$;
- c) $\text{Var}(Y) = 0$;
- d) $\text{Var}(Y) = \text{Var}(V)$.

82. Agar $Y = V + b$ (buerda b -konstanta) bo'lsa, $\text{Var}(Y)$ aniqllovchi bandni ko'rsating:

- a) $\text{Var}(Y) = \text{Var}(V) + \text{Var}(W) + 2\text{Cov}(V, W)$;

- b) $\text{Var}(Y) = b^2 \text{Var}(Z)$;
- c) $\text{Var}(Y) = 0$;
- d) $\text{Var}(Y) = \text{Var}(V)$.

83. Statistik prognozlashda qo'llanadigan usulni ko'rsating:

- a) Potensiallar usuli;
- b) Simpleks usuli;
- c) Ekstrapolyatsiya usuli;
- d) Evristik usul.

84. Ko'p omilli chiziqli bog'lanishni ko'rsating:

- a) $Y_x = a_0 + a_1 X$
- b) $Y_x = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + \dots + a_n X_n$
- c) $Y_x = a_0 + a_1 X^2$
- d) $Y_x = a_0 + a_1 X^X$

85. Ekonometrik modelda qatnashadigan omillarni tanlashda qo'llanadigan usulni ko'rsating:

- a) Regression tahlil usuli;
- b) Korrelyatsion tahlil usuli;
- c) Ekstrapolyatsiya usuli;
- d) Prognoz usuli.

86. Natijaviy ko'rsatkich va unga ta'sir etuvchi omillar o'rtasidagi bog'lanish zichligini aniqlovchi koeffitsient:

- a) Korrelyatsiya koeffitsienti;
- b) Styudent koeffitsienti;
- c) Elastik koeffitsienti;
- d) Doimiy koeffitsient.

87. Ekonometrik model shaklini tanlashda qo'llanadigan usul:

- a) Regression tahlil usuli;
- b) Korrelyatsion tahlil usuli;

- c) Ekstrapolyatsiya usuli;
- d) Prognoz usuli.

88. To'plamli korrelyatsiya koeffitsientini aniqlovchi bandni ko'rsating:

$$a) R_{yx_z} = \sqrt{\frac{r_{yx_i}^2 r_{yx_j}^2 - 2r_{yx_i} r_{yx_j} r_{x_i x_j}}{1 - r_{x_i x_j}^2}}$$

$$b) R_{yx_z} = \sqrt{\frac{r_{yx_i}^2 r_{yx_j}^2}{1 - r_{x_i x_j}^2}}$$

$$c) R_{yx_z} = \sqrt{\frac{2r_{yx_i} r_{yx_j} r_{x_i x_j}}{1 - r_{x_i x_j}^2}}$$

$$d) R_{yx_z} = \sqrt{\frac{r_{yx_i}^2 r_{yx_j}^2 - 2r_{yx_i} r_{yx_j} r_{x_i x_j}}{1}}$$

89. Fisher mezonini aniqlovchi formula keltirilgan bandni ko'rsating:

$$a) F = \frac{R^2}{1-R^2} \frac{n-m-1}{m}$$

$$b) F = \frac{R^2}{1-R^2}$$

$$c) F = \frac{R^2}{1-R^2} m$$

$$d) F = \frac{1}{1-R^2} \frac{n-m-1}{m}$$

90. Fisher mezonining hisoblangan qiymati jadvaldagi qiymatidan kata bo'lsa:

- a) Regressiya tenglamasi real o'rganilayotgan iqtisodiy jarayonga mos deyiladi;
- b) Dinamik qatorlar 10% gacha xatolik bilan tekislangan deyiladi;
- c) Regressiya tenglamasining koeffitsientlari ahamiyatli deyiladi;
- d) Korrelyatsiya koeffitsienti ishonchli deyiladi.

91. Styudent mezonining hisoblangan qiymati jadvaldagi qiymatidan katta bo'lsa:

- a) Regressiya tenglamasi real o'rganilayotgan iqtisodiy jarayonga mos deyiladi;
- b) Dinamik qatorlar 10% gacha xatolik bilan tekislangan deyiladi;
- c) Regressiya tenglamasining koeffitsientlari ahamiyatli deyiladi;
- d) Korrelyatsiya koeffitsienti ishonchli deyiladi.

92. Approksimatsiya xatosini aniqlovchi bandni ko'rsating:

- a) $E = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{Y_i - \bar{Y}}{Y_i} \right| * 100\%$
- b) $E = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{Y_i - \bar{Y}}{Y_i} \right|$
- c) $E = \sum \left| \frac{Y_i - \bar{Y}}{Y_i} \right| * 100\%$
- d) $E = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{\bar{Y}}{Y_i} \right| * 100\%$

93. Prognozlashda ekstrapolyatsiya quyidagi model orqali qilinadi:

- a) Optimallashtirish modellari;
- b) Trend modellari;
- c) Balans modellari;
- d) Evristik modellar.

94. Ko'plik korrelyatsiya koeffitsienti **R** o'zgarish oralig'ini ko'rsating:

- a) $0 < R_{xy} < 1$
- b) $-1 \leq R_{xy} \leq 1$
- c) $-1 < R_{xy} < 0$
- d) $-\infty < R_{xy} < \infty$

95. Normal tenglamalar tizimi keltirilgan bandni ko'rsating:

a)
$$\begin{cases} na_0a_1 \sum x = \sum y \\ a_0 \sum x a_1 \sum x^3 = \sum yx \end{cases}$$

b)
$$\begin{cases} na_0a_1 \sum x = \sum y \\ a_0 \sum x a_1 \sum x^2 = \sum yx \end{cases}$$

c)
$$\begin{cases} na_0a_1 \sum x = \sum y \\ a_0 \sum x a_1 \sum x^2 = \sum y \end{cases}$$

d)
$$\begin{cases} a_0a_1 \sum x = \sum y \\ a_0 \sum x a_1 \sum x^3 = \sum yx \end{cases}$$

96. Korrelyatsion bog'lanish turi bo'yicha:

- a) To'g'ri, teskari bo'ladi;
- b) To'g'ri chiziqli, egri chiziqli bo'ladi;
- c) Kuchsiz, o'rtacha, zich bo'ladi;
- d) Juft, ko'p omilli bo'ladi.

97. Korrelyatsion bog'lanish shakli bo'yicha:

- a) To'g'ri, teskari bo'ladi;
- b) To'g'ri chiziqli, egri chiziqli bo'ladi;
- c) Kuchsiz, o'rtacha, zich bo'ladi;
- d) Juft, ko'p omilli bo'ladi.

98. Korrelyatsion bog'lanish zichligi bo'yicha:

- a) To'g'ri, teskari bo'ladi;
- b) To'g'ri chiziqli, egri chiziqli bo'ladi;
- c) Kuchsiz, o'rtacha, zich bo'ladi;
- d) Juft, ko'p omilli bo'ladi.

99. Korrelyatsion bog'lanish omillar soni bo'yicha:

- a) To'g'ri, teskari bo'ladi;
- b) To'g'ri chiziqli, egri chiziqli bo'ladi;
- c) Kuchsiz, o'rtacha, zich bo'ladi;
- d) Juft, ko'p omilli bo'ladi.

100. Ikkinchi darajali parabolani aniqlovchi bandni ko'rsating:

- a) $Y_x = a_0 a_1 X$
- b) $Y_x = a_0 a_1 X a_2 X^2$
- c) $Y_x = a_0 a_1 X^2$
- d) $Y_x = a_0 a_1^X$

101. Fisher mezonini bo'yicha matematik modelning tenglamasi qanday shart bajarilganda adekvat bo'ladi? Bunda F – qoldiq va qayta tiklanish dispersiyalarining o'rtacha kvadratik qiymatlarining nisbati; hamda $F_x(f_1, f_2)$ – Fisher mezonining jadvaliy qiymati.

- a) $F > F_x(f_1, f_2)$
- b) $F = F_x(f_1, f_2)$
- c) $F > F_x(f_1, f_2)$
- d) $F \geq F_x(f_1, f_2)$

102. Maqsad deganda nimani tushunasiz?

- a) Ob'ektni modellashtirishdan ko'zlangan natijani
- b) modelning originalga o'xshashligini
- c) Ob'ektni ma'lum vaqtdagi va fazodagi oxirgi holatini
- d) harakat yo'nalishini

103. Matematik modelning ta'rifi.

- a) Matematik model - bu o'rganilayotgan ob'ektning aynan tavsifi
- b) Matematik model o'rganilayotgan ob'ektning takribiy tavsifi.
- c) Mat.mod. bu o'rganilayotgan ob'ektning asosiy xossa va xususiyatlarini matematik formulalar orkali ifodalashdir.
- d) To'g'ri javob berilmagan

104. Matematik model nima?

- a) Jarayonning matematik belgilar yordamida ifodalangan taxminiy tavsifi
- b) Bu tadqiqotning turli bosqichlarida loyixalanayotgan ob'ektga almashtirish mumkin bo'lgan bir nechta ob'ekt

- c) Jarayonning grafik yordamida ifodalangan taxminiy tavsifi
- d) Loyixalanayotgan ob'ektning taxminiy tavsifi

105. Matematik modellashtirish nima?

- a) Matematik modellar yordamida ob'ektning xossalarini o'rganish
- b) original-ob'ekt yordamida ob'etning xossalarini o'rganish
- c) matematik tavsifni (MT) tuzish
- d) MT tenglamasini yechish algoritmini tuzish

106. Monandlik nima?

- a) Modellarning real ob'ektga sifatli va miqdoriy mosligi
- b) Modellarning real ob'ektga miqdoriy mosligi
- c) Modellarning real ob'ektga sifatli mosligi
- d) Ob'ekt xossalarini ideal aks ettirish

107. Matematik tavsifni tuzish usullarining turlari?

- a) analitik, tajribaviy, grafik
- b) analitik, tajribaviy, tajribaviy – analitik
- c) analitik, tajribaviy
- d) analitik, tajribaviy – analitik

108. Simpleks jadvalda bazis bo'lmagan asosiy o'zgaruvchilar ustunidagi koeffitsientlar

- a) To'g'ri ma'noga ega
- b) Ma'noga ega emas
- c) Teskari ma'noga ega
- d) To'g'ri javob berilmagan

109. Simpleks jadvalda bazis bo'lmagan qo'shimcha noma'lumlar

- a) «0» ga teng
- b) Teskari ma'noga ega
- c) Ma'noga ega emas
- d) To'g'ri ma'noga ega

110. Transport masalasining boshlang'ich rejasini eng kam narx usulida to'ldirish

- a) Ixtiyoriy katakdan.
- b) Ta'rifi eng katta bo'lgan katakddan boshlab to'ldiriladi.
- c) Birinchi katakdan.
- d) Ta'rifi eng kichik bo'lgan katakdan boshlab to'ldiriladi.

111. Transport masalasini delta usulda yechishda yuk qaysi yo'l bilan ko'chiriladi.

- a) Kami bilan olingan satrdan ko'pi bilan olingan satrga
- b) Ko'pi bilan olingan satrdan kami bilan olingan satrga
- c) "0" satrdan kami bilan olingan satrga
- d) Ko'pi bilan olingan satrdan «0» ssatrga

112. Avtomobillarning bo'sh yurishini minimallashtirish masalasini yechimini qaysi usulda topish mumkin.

- a) Ixtiyoriy reja
- b) Simpleks usulda
- c) Simpleks usulda topilgan optimal yechimga qarab
- d) Transport masalasining delta usulda topilgan optimal yechimiga qarab

GLOSSARIY

<i>Adaptatsiya</i>	– tizimning real jarayonlarga moslashishi
<i>Avtokorrelyatsiya</i>	– keyingi darajalar bilan oldingilari oʻrtasidagi yoki haqiqiy darajalari bilan tegishli tekislangan qiymatlari oʻrtasidagi farqlar orasidagi korrelyatsiyadir.
<i>Alternativ (muqobil) gipoteza</i>	– taqqoslanayotgan ikkita toʻplam koʻrsatkichlari orasida muhim farq mavjud deb aytilgan taxmin.
<i>Alternativ xarajatlar</i>	– tanlashda voz kechilgan eng yaxshi alternativ variantdan olinadigan natija (qiymat, foyda, naflik). Alternativ qiymatni foydalanilmagan imkoniyat deb ham qarashadi: biror neʼmatqiymatini voz kechilgan boshqa bir nechta neʼmat qiymati bilan ifodalanishi
<i>Asimmetrik axborot</i>	– bu shunday holatki, bunda bozorda boʻladigan savdosotiqda bozor qatnashchilaridan bir qismi kerakli, muqim axborotga ega qolgan qismiga ega emas
<i>Asimetriya</i>	– oʻrtacha kub tafovutni kub darajali kvadratik oʻrtacha tafovutga nisbatidan iboratdir
<i>Bashoratlash</i>	– hodisa yoki jarayonlarning kelgusidagi mumkin boʻlgan holatini ilmiy asoslangan holda bilish
<i>Belgi</i>	– bu toʻplam birligining alomatlari, xislati va h.k.
<i>Befarqlik chizigʻi</i>	– shaxs uchun bir xil naf beradigan boʻsh vaqt, ish vaqti va ish xaqi (daromad) kombinatsiyalarini ifodalovchi egri chiziq
<i>Bozor muvozanati</i>	– bozorda taklif miqdorining talab miqdoriga teng boʻlgan hol; taklif chizigʻi va talab chizigʻi kesishgan nuqtaga muvozanat nuqta deyiladi
<i>Bosh toʻplam</i>	– oʻrganiladigan koʻp hajmli birliklar majmuasidir.
<i>Budjet chegarasi</i>	– «umumiy vaqt - daromad» koordinatalariga ega boʻlgan toʻgʻri chiziq boʻlib, uning yotqlik burchagi ish haqini ifodalaydi
<i>Variatsiya</i>	– bu qator hadlarining tebranuv-chanligi, varianta qiymatlarining oʻzgaruv-chanligidir.
<i>Variatsiya kengligi</i>	– taqsimot qatorining eng katta va eng kichik variantalari orasidagi farqdir.
<i>Darbin-Uotson</i>	– vaqtli qatorlarda avtokorrelyatsiyani aniqlash uchun

mezoni	–	qo'llaniladigan shartli ko'rsatkich
Daromad	–	sotilgan tovar miqdorini narxga ko'paytirilganiga teng, mahsulotlarni sotishdan tushgan tushum
Deter-minatsiya koef-fitsienti	–	natijaviy belgi o'zgaruvchanligining qaysi qismi x-omil ta'siri ostida vujudga kelishini ko'rsatadi.
Dinamik qator	–	bu hodisani vaqt bo'yicha o'zgarishini ko'rsatuvchi sonlar qatori
Dispersion tahlil	–	o'rganilayotgan omillar ta'siri ostida yuzaga chiqqan belgi o'zgaruvchanligini noma'lum sabablarga ko'ra kuzatilayotgan o'zgaruvchanlik bilan taqqoslab, omillar rolini baholash usulidir.
Dispersiya	–	bu qator variantalari qiymatlari bilan ularning arifmetik o'rtachasi orasidagi tafovutlar kvadratlaridan olingan arifmetik o'rtachadir.
Izokvanta	–	bir xil hajmda mahsulot ishlab chiqarishni ta'minlovchi omillar sarflari kombinatsiyalarini ifodalovchi egri chiziq
Izokosta	–	yig'indisi bir xil yalpi xarajatga teng bo'lgan resurslar sarflari kombinatsiyalarini ifodalovchi chiziq
Iqtisodiy model	–	iqtisodiy ob'ektlarning soddalashtirilgan nusxasi
Iqtisodiy resurslar	–	ishlab chiqarishda foydalaniladigan omillar yoki ishlab chiqarish omillari
Iqtisodiy o'sish	–	ishlab chiqarishda foydalaniladigan resurslar miqdorini oshirish yoki texnologiyani takomillashtirish orqali jamiyatning ishlab chiqarish imkoniyatlarini kengaytiradi
Iqtisodiyot-ning dinamik modellari	–	iqtisodiyotning rivojlanishini ko'rsatuvchi modellar
Iqtisodiy-matematik usullar	–	bu kompleks iqtisodiy va matematik ilmiy fanlarning umumiy nomi bo'lib, ular yordamida iqtisodiy jarayonlarni o'rganish vositalari ishlab chiqiladi.
Ishlab chiqarish funksiyasi	–	ishlab chiqarilgan mahsulot miqdori bilan shu mahsulotni ishlab chiqarishdagi sarflangan ishlab chiqarish omillari miqdori o'rtasidagi bog'liqlikni ifodalovchi matematik funksiya

<i>Kvadratik o'rtacha tafovut</i>	– bu kvadrat ildiz ostidan chiqarilgan dispersiyadir.
<i>Kvantil</i>	– to'plamni ma'lum qadamda teng (4, 5, 10, 100 va h.k.) qismga bo'luvchi belgi qiymatidir
<i>Kobba-Duglas ishlab chiqarish funksiyasi</i>	– iqtisodiyot rivojlanishini tahlil qilishda foydalaniladigan darajali ko'rinishidagi funksiya.
<i>Korrelyatsion bog'lanish</i>	– bu shunday to'liqsiz bog'lanishki, unda omillarning har bir qiymatiga turli zamon va makon sharoitlarida natijaning har xil qiymatlari mos keladi.
<i>Korrelyatsion-regression model</i>	– bu o'rganilayotgan hodisalar orasidagi bog'lanishni natijaviy belgi bilan muhim omillar o'rtasidagi ishonchli miqdoriy nisbatlar orqali ifodalashdir
<i>Korrelyatsion tahlil</i>	– hodisalar orasidagi bog'lanish zichlik darajasini baholash usulidir.
<i>Mavsumiy tebranish</i>	– ayrim fasl va oylarda ko'p yillik qatorlarda muntazam ravishda kuzatiladigan barqaror tebranishlardir.
<i>Masshtab samarasi</i>	– bu ishlab chiqarish masshtabining kengayishi surati bilan mahsulot ishlab chiqarishni o'sish surati o'rtasidagi bog'liqlikni ifodalaydi. Ishlab chiqarishda foydalaniladigan omillarmiq doriga ishlab chiqarish masshtabi deyiladi
<i>Mediana</i>	– bu to'plamni teng ikki qismga bo'luvchi belgi qiymatidir
<i>Moda</i>	– to'plamda eng ko'p uchraydigan belgi qiymatidir
<i>Model</i>	– lotincha <i>modulus</i> so'zidan olingan bo'lib, o'lchov, me'yor degan ma'nolarni anglatadi
<i>Modelning adekvatligi</i>	– modelning modellashtirilayotgan ob'ekt yoki jarayonga mos kelishi
<i>Multikollinearlik</i>	– umumiy natijaga birgalikda ta'sir etuvchi omillar o'rtasidagi zich korrelyatsion bog'liqlik.
<i>Nol-gipoteza</i>	– ikkita to'plam taqqoslanadigan belgilariga qarab bir biridan farq qilmaydi deb aytilgan taxmindir:
<i>Regression tahlil</i>	– natijaviy belgiga ta'sir etuvchi omillarning samaradorligini aniqlab beruvchi usul.
<i>Sirg'aluvchi o'rtacha</i>	– bu qator darajalarini birin-ketin ma'lum tartibda surish yo'li bilan hisoblangan o'rtacha darajadir.

Statistik gipoteza	– tanlanma ma’lumotlari asosida tekshirish mumkin bo’lgan bosh to’plam xossasi haqida oldindan aytilgan ilmiy taxmindir.
Statistik masalalar	– barcha parametrlari vaqtincha bog’liq ravishda o’zgarmaydigan masalalar
Stoxastik yoki statistik qonunlar	– bu bir turli hodisalarni ommaviy takrorlanishida namoyon bo’ladigan qonunlar
Taklif	– bu ishlab chiqaruvchilar va sotuvchilar tomonidan berilgan narxlarda sotilishi mumkin bo’lgan tovarlar miqdori
Taklif funksiyasi	– taklifga ta’sir qiluvchi omillar miqdori bilan taklif miqdori urtasidagi bog’liqlikni ifodalovchi matematik bog’liqlik
Talab	– berilgan narxlarda xaridorlar tomonidan sotib olinishi mumkin bo’lgan tovarlar miqdori
Talab funksiyasi	– talabga ta’sir diluvchi omillar miqdori bilan talab miqdori urtasidagi bog’liqlikni ifodalovchi matematik bog’liqlik
Tanlanma	– bu o’rganilayotgan to’plamdan saylab olingan birliklar majmuasidir, ularning har biri ushbu to’plamning tarkibiy elementi.
Tasodifiy miqdor	– sinov natijasida, avvaldan e’tiborga olib bo’lmaydigan tasodifga bog’liq holda, o’zining mumkin bo’lgan qiymatlaridan birini qabul qiladigan (aynan qaysisi ekani avvaldan ma’lum bo’lmagan) o’zgaruvchi tushuniladi
Tasodifiy miqdorning taqsimot qonuni	– tasodifiy miqdor qabul qilishi mumkin bo’lgan qiymatlari bilan ularning mos ehtimollarini bog’laydigan biror munosabat
Tasodifiy hodisa	– sinov natijasida ro’y berishi yoki ro’y bermasligi mumkin bo’lgan har qanday fakt
Taqsimot qatorlari	– to’plam birliklarini ma’lum belgilar asosida guruhlariga (qismlarga) bo’linishi
To’plam birliklari	– -bu statistik to’plamni tashkil etuvchi elementlardir
To’plam birligi	– to’plamda kuzatish talab etiladigan element

<i>Uzlaksiz tasodi fiy miqdor</i>	– qabul qiladigan cheksiz ko‘p qiymatlari sonlar o‘qidagi biror chekli yoki cheksiz oralikni tashkil qiluvchi miqdor
<i>Umumiy muvozanatlik</i>	– barcha bozorlarning o‘zaro bir-biriga ta’siri natijasida o‘rnatiladigan muvozanatlik. Barcha bozorlarni muvozanat holatda bo‘lishi. Bunda biror bozorda muvozanatlik buzulsa boshqa bozorlarda ham muvozanatlik buziladi
<i>Funksional bog‘lanish</i>	– bu shunday to‘liq bog‘lanishki, unda bir belgi yoki belgilar o‘zgarish qiymatiga har doim natijaning ma’lum me’yorda o‘zgarishi mos keladi.
<i>Xususiy regres siyakoeffitsienti</i>	– muayyan omilning natijaviy belgi variatsiyasiga ta’sirini omillar o‘zaro bog‘lanishidan «tozalangan» holda o‘lchaydi.
<i>Ekssess</i>	– taqsimot bo‘yicha cho‘ziluvchanlik yoki yassilik bo‘lib, uning me’yori to‘rtinchi momentning to‘rtinchi darajali kvadratik o‘rtacha tafovutga nisbatidan iborat.
<i>Elastiklik</i>	– talab va taklifga ta’sir qiluvchi omillarning o‘zgarishi natijasida ularni qanchaga o‘zgarishi tushuniladi (narxni, daromadi, iste’molchilar soni va xokazo)
<i>Elastiklik koeffitsienti</i>	– omil belgining 1% ga o‘zgarganda natija qancha foizga o‘zgarishini aniqlaydi.
<i>Eng kichik kvadratlar usuli</i>	– dinamik qatorlarni tekislash hamda tasodifiy miqdorlar o‘rtasida bog‘lanishning korrelyatsion shaklini aniqlash usulidir
<i>Erkinlik darajalar soni</i>	– to‘plam ko‘rsatkichlarini topishda qatnashadigan hech qanday bog‘lovchi shartlarga ega bo‘lmagan erkin miqdorlar sonidir.

ILOVALAR

1-ILOVA.

τ_{1-p} **maksimal nisbiy farqlanish taqsimotining kvantillari.**

N	P ahamiyt darajasi				n	P ahamiyt darajasi			
	0,10	0,05	0,025	0,01		0,10	0,05	0,025	0,01
3	1.41	1.41	1.41	1.41	15	2.33	2.49	2.64	2.80
4	1.65	1.69	1.71	1.72	16	2.35	2.52	2.67	2.84
5	1.79	1.87	1.92	1.96	17	2.38	2.55	2.70	2.87
6	1.89	2.00	2.07	2.13	18	2.40	2.58	2.73	2.90
7	1.97	2.09	2.18	2.27	19	2.43	2.60	2.75	2.93
8	2.04	2.17	2.27	2.37	20	2.45	2.62	2.78	2.96
9	2.10	2.24	2.35	2.46	21	2.47	2.64	2.80	2.98
10	2.15	2.29	2.41	2.54	22	2.49	2.66	2.82	3.01
11	2.19	2.34	2.47	2.61	23	2.50	2.68	2.84	3.03
12	2.23	2.39	2.52	2.66	24	2.52	2.70	2.86	3.05
13	2.26	2.43	2.56	2.71	25	2.54	2.72	2.88	3.07
14	2.30	2.46	2.60	2.76					

2-ILOVA.

τ'_{1-p} **miqdor taqsimotining kvantillari.**

N	1-p=0.90, p=0.10	1-p=0.95, p=0.05	1-p=0.99, p=0.01
3	1.41	1.41	1.41
4	1.64	1.69	1.72
5	1.79	1.87	1.96
6	1.89	2.00	2.13
7	1.97	2.09	2.26
8	2.04	2.17	2.37
9	2.10	2.24	2.46
10	2.15	2.29	2.54

3-ILOVA.

Styudent taqsimotining foiz nuqtalari.

$v \setminus P$	10%	5%	0.1%
1	3.0777	6.3138	318.3088
2	1.8856	2.9200	22.3271
3	1.6377	2.3534	10.2145
4	1.5332	2.1318	7.1732
5	1.4759	2.0150	5.8934
6	1.4398	1.9432	5.2076
7	1.4149	1.8946	4.7853
8	1.3968	1.8595	4.5008
9	1.3830	1.8331	4.2968
10	1.3722	1.8125	4.1437
11	1.3634	1.7959	4.0247
12	1.3562	1.7823	3.9296
13	1.3502	1.7709	3.8520
14	1.3450	1.7613	3.7874
15	1.3406	1.7530	3.7328
16	1.3368	1.7459	3.6862
17	1.3334	1.7396	3.6458
18	1.3304	1.7341	3.6105
19	1.3277	1.7291	3.5794
20	1.3253	1.7247	3.5518
21	1.3232	1.7207	3.5272
22	1.3212	1.7171	3.5050
23	1.3195	1.7139	3.4850
24	1.3178	1.7109	3.4668
25	1.3163	1.7081	3.4502

4-ILOVA.

O'rta absolyt farqlanish (UAF) bo'yicha o'rta qiymatlar uchun 95%li ishonch chegaralarini aniqlash koeffitsientlari.

n	Koeffitsiyent	N	Koeffitsiyent	n	Koeffitsiyent
2	12.71	9	1.00	20	0.60
3	3.45	10	0.93	25	0.53
4	2.16	11	0.87	30	0.48
5	1.66	12	0.82	40	0.41
6	1.40	13	0.78	60	0.33
7	1.21	14	0.75	120	0.23
8	1.09	15	0.71		

5-ILOVA.**R/S nisbatning kritik chegaralari**

To'plam hajmi	Quyi chegaralar		Yuqori chegaralar	
	Xatolar ehtimolligi			
	0.01	0.10	0.10	0.01
3	1.737	1.782	1.997	2.000
4	1.87	2.04	2.409	2.445
5	2.02	2.22	2.712	2.803
6	2.15	2.37	2.949	3.095
7	2.26	2.49	3.143	3.338
8	2.35	2.59	3.308	3.543
9	2.44	2.68	3.449	3.720
10	2.51	2.76	3.57	3.875
11	2.58	2.84	3.68	4.012
12	2.64	2.90	3.78	4.134

6-ILOVA.**R/S nisbatning kritik chegaralari (davomi)**

Tuplam xajmi	Quyi chegaralar		Yuqori chegaralar	
	Xatolar ehtimolligi			
	0.01	0.10	0.10	0.01
13	2.70	2.96	3.87	4.244
14	2.75	3.02	3.95	4.34
15	2.80	3.07	4.02	4.44
16	2.84	3.12	4.09	4.52
17	2.88	3.17	4.15	4.60
18	2.92	3.21	4.21	4.67
19	2.96	3.25	4.27	4.74
20	2.99	3.29	4.32	4.80
25	3.15	3.45	4.53	5.06

7-ILOVA.

Standart egri chiziqning ordinatalari (0.5 aniqlik bilan)

z	0.05	z	0.5	z	0.5	z	0.5
0.0	0.3984	0.0	0.3984	0.0	0.3984	0.0	0.3984
0.1	0.3945	1.1	0.2059	2.1	0.0396	3.1	0.0028
0.2	0.3867	1.2	0.1826	2.2	0.0317	3.2	0.0020
0.3	0.3752	1.3	0.1604	2.3	0.0252	3.3	0.0015
0.4	0.3605	1.4	0.1394	2.4	0.0198	3.4	0.0010
0.5	0.3429	1.5	0.1200	2.5	0.0154	3.5	0.0007
0.6	0.3230	1.6	0.1023	2.6	0.0119	3.6	0.0005
0.7	0.3011	1.7	0.0863	2.7	0.0091	3.7	0.0004
0.8	0.2780	1.8	0.0721	2.8	0.0069	3.8	0.0002
0.9	0.2541	1.9	0.0596	2.9	0.0051	3.9	0.0002
1.0	0.2299	2.0	0.0488	3.0	0.0038	4.0	0.0001

8-ILOVA.

χ^2 taqsimotning foiz nuqtalari.

n \ P-1	99.9%	99%	90%
1	0.0157	0.0157	0.0158
2	0.0200	0.0201	0.211
3	0.0243	0.115	0.584
4	0.0908	0.297	1.064
5	0.210	0.554	1.610
6	0.381	0.872	2.204
7	0.598	1.239	2.833
8	0.857	1.646	3.490
9	1.153	2.088	4.168
10	1.479	2.558	4.865
11	1.834	3.053	5.578
12	2.214	3.571	6.304
13	2.617	4.107	7.042
14	3.041	4.660	7.790
15	3.483	5.229	8.547
16	3.942	5.812	9.312
17	4.416	6.408	10.085
18	4.905	7.015	10.865
19	5.407	7.633	11.651
20	5.921	8.260	12.443
21	6.447	8.897	13.240
22	6.983	9.542	14.041
23	7.589	10.196	14.848
24	8.085	10.856	15.659
25	8.649	11.524	16.473

9-ILOVA.**K-S –mezonining kritik qiymatlari.**

n	D0.10	D0.05	N	D0.10	D0.05	n	D0.10	D0.05
3	0.636	0.708	11	0.352	0.391	19	0.271	0.301
4	0.565	0.624	12	0.338	0.375	20	0.265	0.294
5	0.509	0.563	13	0.325	0.349	21	0.259	0.287
6	0.468	0.519	14	0.314	0.338	22	0.253	0.281
7	0.436	0.483	15	0.304	0.327	23	0.247	0.275
8	0.410	0.454	16	0.295	0.318	24	0.242	0.269
9	0.387	0.430	17	0.286	0.309	25	0.238	0.264
10	0.369	0.409	18	0.278	0.301			

10-ILOVA.**Korrelyatsiya koeffitsiyentining 0 ga nisbatan ahamiyatligini tekshirish.**

Ozod darajalar soni	Ikki tomonlama mezon			Bir tomonlama mezon		
	5%	1%	0.1%	5%	1%	0.1%
1	0.9969	A	B	0.9877	0.9995	C
2	0.9500	0.9900	0.9990	0.9000	0.9800	0.9980
3	0.8783	0.9587	0.9911	0.805	0.934	0.986
4	0.811	0.917	0.974	0.729	0.882	0.963
5	0.754	0.875	0.951	0.669	0.833	0.935
6	0.707	0.834	0.925	0.621	0.789	0.905
7	0.666	0.798	0.898	0.582	0.750	0.875
8	0.632	0.765	0.872	0.549	0.715	0.847
9	0.602	0.735	0.847	0.521	0.685	0.820
10	0.576	0.708	0.823	0.497	0.658	0.795
11	0.553	0.684	0.811	0.476	0.634	0.772
12	0.532	0.661	0.780	0.457	0.612	0.750
13	0.514	0.641	0.760	0.441	0.592	0.730
14	0.497	0.623	0.742	0.426	0.574	0.711
15	0.482	0.606	0.725	0.412	0.558	0.694
16	0.468	0.590	0.708	0.400	0.543	0.678
17	0.456	0.575	0.693	0.389	0.529	0.662
18	0.444	0.561	0.679	0.378	0.516	0.648
19	0.433	0.549	0.665	0.369	0.503	0.635
20	0.423	0.537	0.652	0.360	0.492	0.622
21	0.413	0.526	0.640	0.352	0.482	0.610
22	0.404	0.515	0.629	0.344	0.472	0.599
23	0.396	0.505	0.618	0.337	0.462	0.588
24	0.388	0.496	0.607	0.330	0.453	0.578
25	0.381	0.487	0.594	0.232	0.445	0.568

A=0.999877; B=0.9999877; C=0.9999951

11-ILOVA.**F-Fisher taqsimotining foiz nuqtalari, R=10%.**

v2\ v1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	39.864	49.500	53.593	55.833	57.241	58.204	58.906	59.439	59.858	60.195
2	8.5263	9.0000	9.1618	9.2434	9.2926	9.3255	9.3491	9.3668	9.3805	9.3916
3	5.5383	5.4624	5.3908	5.3427	5.3092	5.2847	5.2662	5.2517	5.2400	5.2304
4	4.5448	4.3246	4.1908	4.1073	4.0506	4.0098	4.9790	4.9549	4.9357	4.9199
5	4.0604	3.7797	3.6195	3.5202	3.4530	3.4045	3.3679	3.3393	3.3163	3.2974
6	3.7760	3.4633	3.2888	3.1808	3.1075	3.0546	2.0145	2.9830	2.9577	2.9369
7	3.5894	3.2574	3.0741	2.9605	2.8833	2.8274	2.7849	2.7516	2.7247	2.7025
8	3.4579	3.1131	2.9238	2.8064	2.7265	2.6683	2.6241	2.5893	2.5612	2.5380
9	3.3603	3.0065	2.8129	2.6927	2.6106	2.5509	2.5053	2.4694	2.4403	2.4163
10	3.2850	2.9345	2.7277	2.6053	2.5216	2.4606	2.4140	2.3772	2.3473	2.3226

12-ILOVA.**F-Fisher taqsimotining foiz nuqtalari, R=5%.**

v2\ v1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	161.45	199.50	215.71	224.58	230.16	233.99	236.77	238.88	140.54	241.88
2	18.513	19.000	19.164	19.247	19.296	19.330	19.353	19.371	19.385	19.396
3	10.128	9.5521	9.2766	9.1172	9.0135	8.9406	8.8868	8.8452	8.8123	8.7855
4	7.7086	6.9443	6.5914	6.3883	6.2560	6.1631	6.0942	6.0410	5.9988	5.9644
5	6.6079	5.7861	5.4095	5.1922	5.0503	4.9503	4.8759	4.8183	4.7725	4.7351
6	5.9874	5.1433	4.7571	4.5337	4.3874	4.2839	4.2066	4.1463	4.0990	4.0600
7	5.5914	4.7374	4.3468	4.1203	3.9715	3.8660	3.7870	3.7257	3.6767	3.6365
8	5.3177	4.4590	4.0672	3.8378	3.6875	3.5806	3.5005	3.4381	3.3881	3.3472
9	5.1174	4.2565	3.8626	3.6331	3.4817	3.3738	3.2927	3.2296	3.1789	3.1373
10	4.9646	4.1028	3.7083	3.4780	3.3258	3.2172	3.1355	3.0717	3.0204	2.9782

MUNDARIJA

	KIRISH.....	3
1-MAVZU:	EKONOMETRIK MODELLARNI QURISH	
	BOSQICHLARI.....	7
2-MAVZU:	EKONOMETRIK MODELLARNING AXBOROT	
	TA'MINOTI.....	10
3-MAVZU:	EKONOMETRIKADA EHTIMOLLAR NAZARIYASI VA	
	MATEMATIK STATISTIKANING ASOSIY	
	TUSHUNCHALARI.....	13
4-MAVZU:	JUFT OMILLI REGRESSIYA.....	23
5-MAVZU:	KO'P OMILLI REGRESSIYA.....	35
6-MAVZU:	ADAPTIV REGRESSIYANI MODELLASH.....	76
7-MAVZU:	EKONOMETRIK MODELLARNING SIFATINI	
	UMUMIY BAHOLASH.....	84
8-MAVZU:	TENGLAMALAR TIZIMI KO'RINISHIDAGI	
	EKONOMETRIK MODELLAR.....	88
9-MAVZU:	VAQTLI QATORLAR.....	113
10-MAVZU:	AMALIY EKONOMETRIK MODELLAR. ISHLAB	
	CHIQRISH FUNKSIYASI.....	137
11-MAVZU:	IQTISODIY JARAYONLARNI PROGNOZLASHDA	
	EKONOMETRIK MODELLARDAN FOYDALANISH...	159
	FAN BO'YICHA TESTLAR.....	168
	GLOSSARIY.....	196
	ILOVALAR.....	201

O.Q. Xatamov

EKONOMETRIKA
ASOSLARI
(Amaliy mashg'ulotlar uchun)

Muharrir: **B. Musayev**

Musahhih: **I. Tog'ayev**

Texnik muharrir: **M. Tog'ayev**

Kompyuterda sahifalovchi: **A. Abdiraxmonova**

Tasdiqnoma. 5165, 02.03.2021.

Terishga berildi: 18.05.2022 y.

Bosishga ruxsat etildi: 20.06.2022 y.

Ofset qog'oz. Qog'oz bichimi: 60x84 1/16.

“Cambria” gar. Ofset bosma.

Hisob nashriyot t.: 12,32. Shartli b. t.: 13,40.

Adadi: 100 nusxa. Buyurtma№

«Intelлект» nashriyotida tayyorlandi.

QarMII kichik bosmaxonasida chop etildi.

180100. Qarshi shahri, Mustaqillik ko'chasi, 225 – uy.

Telefon 91-466-80-32.