

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY TA’LIM, FAN VA
INNOVASIYALAR VAZIRLIGI
GULISTON DAVLAT UNIVERSITETI**



**D.ESHPU LATOV
J.OTABEKOV**

**“EKONOMETRIKAGA KIRISH” FANIDAN
AMALIY MASHG‘ULOTLARNI BAJARISH
YUZASIDAN METODIK KO‘RSATMALAR**

Guliston – 2024

D.B.Eshpulatov, J.N.Otabekov. “Ekonometrikaga kirish” fanidan amaliy mashg‘ulotlarni bajarish yuzasidan metodik ko‘rsatmalar. – Guliston, 2024. – 50 b.

Mazkur metodik ko‘rsatmalar 60310100-Iqtisodiyot (tarmoqlar va sohalar bo‘yicha) va 60411200-Menejment (tarmoqlar va sohalar bo‘yicha) ta’lim yo‘nalishi majburiy fanlar blokiga tegishli “Ekonometrikaga kirish” fani dasturi (Guliston, 2023) asosida tayyorlanib, unda amaliy mashg‘ulotlardan ko‘zlangan maqsad, mavzuga tegishli asosiy tushunchalar, ishni bajarish uchun kerakli jihoz va materiallar hamda amaliy ishni bajarish tartiblari keltirilgan. Har bir mavzudan keyin talaba tomonidan mashg‘ulot davomida egallangan bilim va ko‘nikmani yanada mustaxkamlash uchun bajarilishi lozim bo‘lgan qo‘shimcha topshiriqlari (TMI) berilgan. Metodik ko‘rsatmalar Guliston DU O‘quv - metodik kengashi tomonidan (1-bayonnoma, 29.08. 2024 yil) nashrga tavsiya qilingan.

Taqrizchilar : PhD, dots. G‘.Berdiyev (GulDU)
PhD, dosent B. Utanov (TMI)

KIRISH

Amaldagi 60310100-Iqtisodiyot (tarmoqlar va sohalar bo'yicha) va 60411200-Menejment (tarmoqlar va sohalar bo'yicha) bakalavriat ta'lim yo'nalishi davlat ta'lim standarti (2023) hamda "Ekonometrikaga kirish" fani o'quv dasturiga muvofiq ijtimoiy-iqtisodiy hodisa va jarayonlarning ekonometrik modellarini tuzish, tuzilgan modellar yordamida iqtisodiy subyektlar 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'z ichiga qamrab oladi.

Ushbu ko'nikmalarni talabalar "Ekonometrikaga kirish" fanidan o'tkaziladigan amaliy mashg'ulotlarda va mustaqil ish sifatida berilgan topshiriqlarni bajarish paytlarida egallaydilar. Mashg'ulot uchun ajratilgan vaqtda talaba tahlil uchun kerakli axborotlarni to'plashi talab qilinadi. Ammo bu jarayon ancha murakkab bo'lganligi sababli amaliy mashg'ulot mobayinida talabada to'liq ko'nikma shakllanmaydi. Shu sababli o'quv rejasida ajratilgan mustaqil ta'lim soatlaridan foydalanish maqsadga muvofiq bo'ladi. Har bir mashg'ulot yakunida darsdan keyin bajarilishi lozim bo'lgan mustaqil ish topshiriqlari (TMI) keltirilgan bo'lib, uni bajarilishi talaba tomonidan o'zlashtirilgan bilim va ko'nikmalarni mustahkamlanishiga zamin yaratadi.

T/r	Amaliy mashg'ulot mavzulari	Auditoriya mashg'uloti uchun ajratilgan vaqt, soat	TMI uchun ajratilgan vaqt, soat
1	Ekonometrik modellashtirish asoslari	4	7
2	Ekonometrik modellarning axborot ta'minoti	4	7
3	Ekonometrikada ehtimollar nazariyasi va matematik statistikaning asosiy tushunchalari	4	7
4	Juft korrelyatsion-regression tahlil	8	10
5	Chiziqsiz regressiya	8	7
6	Ko'p omilli ekonometrik tahlil	6	7
7	Regressiyaning xususiy tenglamasi	4	7
8	Ekonometrik modellarni baholash	4	7
9	Vaqtli qatorlar	4	7
10	Tenglamalar tizimi ko'rinishidagi ekonometrik tahlil	4	7
11	Amaliy ekonometrik modellar	4	7
12	Iqtisodiy ko'rsatkichlari prognozlashda ekonometrik modellardan foydalanish	4	7
13	Statsionar qatorlar. ARMA modeli	4	7
14	Dinamik ekonometrik modellar	4	7
15	Ekonometrik tadqiqotlarda axborot texnologiyalari	4	7
Jami		72 s	108 s *

* **Izoh.** Ayrim mavzular ishchi o'quv rejasida ajratilgan vaqtga qarab kafedra taklifiga asosan o'zgartirilishi mumkin.

1-AMALIY TOPSHIRIQ

Mavzu: Ekonometrik modellashtirish asoslari

1-Topshiriq. Bu mavzuning nazariy qismi “Ekonometrikaga kirish” fanidan tayyorlangan maruzalar matnini diqqat-e’tibor bilan o‘qib chiqish.

Asosiy tayanch tushunchalar

Empirik fan – dalillarga, kuzatish va tekshirib ko‘rish mumkin bo‘lgan ma’lumot o‘zgarishlariga asoslanuvchi fan.

Induksiya (lot.inductio – to‘g‘rilash, tartibga keltirish) – ayrim fikrlardan umumiy xulosalar chiqarishda va mantiqiy tadqiqotlarga qo‘llaniladigan muhokama usuli.

Deduksiya (lot. deductio – xulosa chiqarish) – mantiq qoidalari- ga [ko‘ra xulosa chiqarish](#).

Kuzatish – obyektни o‘rganish unga aralashuvsiz amalga oshiriladigan bilish usuli.

Qiyoslash – bilishning keng tarqalgan usuli, “barcha narsalar qiyoslanganda bilinadi” tamoyiliga asoslanadi.

O‘lchash – qiyoslashdan farqli o‘laroq, bilishning ancha aniq vositasi hisoblanadi. Bu usulning qimmati shundan iboratki, atrof borliqdagi obyektlar haqida yuqori aniqlikka erishiladi.

Eksperiment – empirik tadqiqotning yuqorida ko‘rib o‘tilgan usullaridan farqli o‘laroq ancha umumiy ilmiy qo‘yilgan tajriba hisoblanadi.

Rivojlanish iqtisodiyoti ([ingl. development economics](#)) – nisbatanpast daromad darajasiga ega mamlakatlardagi hayot darajasi o‘shishining siyosiy va iqtisodiy strategiyasini shakllanishi bilan bog‘liqlikda bo‘lgan amaliy fan.

2-Topshiriq. O‘tilgan mavzuni mustaxkamlash, takrorlash uchun savollar va topshiriqlar

- 1.Ekonometrika fanining maqsadi nimalardan iborat?
- 2.Ekonometrik modellashtirishning zarurligi?
- 3.Ekonometrikaning qo‘llanish sohalarini tushuntirib bering?
- 4.Ekonometrik modellashtirish usullari tasnifi qanday?
- 5.Ekonometrik modellarni tuzish bosqichlarini aytib bering?
- 6.Iqtisodiy model so‘zini tushintirib bering?
- 7.Iqtisodiy-matematik modellarga ta’rif bering?
8. «Model» tushunchasiga ta’rif bering?
- 9.Rivojlanish maqsadini aniqlash va jarayonini tushunishni izohlang.
- 10.Rivojlanish siyosatining ahamiyati nimada?
- 11.Rivojlanish siyosatini tahlil qilish jarayoni qanday amalga oshiriladi.
- 12.Iqtisodiyot va siyosatning to‘g‘ri tahliliga ehtiyoj nimalar orqali

namoyon bo‘ladi?

2-AMALIY TOPSHIRIQ

Mavzu: Ekonometrik modellarning axborot ta‘minoti

1-Topshiriq. Bu mavzuning nazariy qismi “Ekonometrikaga kirish” fanidan tayyorlangan maruzalar matnini diqqat-e‘tibor bilan o‘qib chiqish.

Asosiy tayanch tushunchalar:

Iqtisodiy farovonligi – aholining zaruriy moddiy va nomoddiy ne‘matlar va xizmatlar bilan ta‘minlanganlik darajasi, ularni iste‘mol qilish darajasi tushuniladi

Aholi iqtisodiy farovonligi – ijtimoiy-iqtisodiy tushuncha bo‘lib, u kishilarning moddiy va ma‘naviy-ma‘rifiy ehtiyojining qondirilishi hamda turmush sharoitining yaxshilanish darajasini tavsiflaydi.

Aholi iqtisodiy farovonligi tor ma‘noda – bu iste‘mol darajasi, talabni qondirilish darajasini tariflashni ifodalaydi.

Keng ma‘noda esa aholi iqtisodiy farovonligi – inson rivojlanish darajasini ta‘riflash hayotiylik sharoitini baholashni ifodalaydi.

Iqtisodiy rivojlanish – ko‘p qirrali jarayon bo‘lib, jamiyatning ijtimoiy, iqtisodiy taraqqiyotida o‘z ifodasini topadi.

Kambag‘allik – bu, hayot uchun muhim bo‘lgan, eng zarur minimal ehtiyojlarni qondira olmaydigan, ishga layoqatli bo‘lib, o‘z naslini davom ettirishi mumkin bo‘lmagan shaxs yoki ijtimoiy guruhni iqtisodiy holatining o‘ziga xos xususiyatidir.

Ijtimoiy to‘lovlar – kam ta‘minlanganlarga pul yoki natural shaklda yordam ko‘rsatishga qaratilgan turli xil to‘lovlar.

Ijtimoiy siyosat – davlatning daromadlar taqsimotidagi tengsizlikni, iqtisodiyot qatnashchilari o‘rtasidagi ziddiyatlarni bartaraf qilishga yo‘naltirilgan siyosat.

2-Topshiriq. O‘tilgan mavzuni mustaxkamlash, takrorlash uchun savollar va topshiriqlar

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?

3-topshiriq.

Masala. Berilgan ma‘lumotlar asosida tanlamalar xarakteristikasini hisoblang:

№	1	2	3	4	5
x	2 +k	6 +k	10 +k	14 +k	18 +k

Nazariy qism

Matematik statistika (ya'ni ma'lumotlar bilan ishlash va ularni tahlil qilish nazariyasi) va uni iqtisodda qo'llashdan iborat bo'lgan ekonometrika fani iqtisodiy modellar tuzishda va ularning parametrlarini baholashda, iqtisodiy ko'rsatkichlar va ularning bog'lanish shakllari to'g'risidagi gipotezalarni tekshirishda, va nihoyat asoslangan iqtisodiy qarorlarni qabul qilish uchun imkoniyat yaratuvchi iqtisodiy tahlil va prognozlashning asosi bo'lib xizmat qiladi.

Uslubiy ko'rsatma

1-masalani yechishni variantsiz holatini yechish jarayoni quyidagi ko'rinishda bo'ladi: (x) dastlabki ma'lumotlar va (x^2) hisoblangan ko'rsatkichlarni hisoblangan jadval ko'rinishida tasvirlaymiz:

№	x	x^2
1	2	4
2	6	36
3	10	100
4	14	196
5	18	324
Jami	50	660
O'rtachasi	10	132
		$\overline{x^2}$

Tanlama xarakteristikalar:

O'rtacha tanlamani va tanlama dispersiyasini Excelda quyidagi funksiyadan foydalanib topish mumkin:

$$\bar{x} = \text{CP3HAЧ}(\text{массив } x), \quad \text{var}(x) = \text{ДИСПР}(\text{массив } x).$$

3-AMALIY TOPSHIRIQ

Mavzu: Ekonometrikada ehtimollar nazariyasi va matematik statistikaning asosiy tushunchalari.

1-Topshiriq. Bu mavzuning nazariy qismi "Ekonometrikaga kirish" fanidan tayyorlangan maruzalar matnini diqqat-e'tibor bilan o'qib chiqish.

Asosiy tayanch tushunchalar

Iqtisodiy rivojlanish – ko'p qirrali jarayon bo'lib, jamiyatning ijtimoiy, iqtisodiy taraqqiyotida o'z ifodasini topadi.

Iqtisodiy o'sish – YaIM, SMM, MD miqdorining mutlaq hajmi va aholi jon boshiga hamda iqtisodiy resurs xarajatlari birligi hisobiga ko'payishida va sifatining yaxshilanishida ifodalanadi.

Iqtisodiy o'sish mezon – iqtisodiy o'sishni nisbatan to'liq darajada baholash imkonini beradigan ko'rsatkichni xarakterlaydi.

Iqtisodiy o‘shning ko‘rsatkichlari – iqtisodiy o‘shni aniqlashda foydalaniladigan qiymat, ijtimoiy naflilik va natural (jismoniy) ko‘rsatkichlar tizimidan iborat.

Ekstensiv iqtisodiy o‘sh – ishlab chiqarishga qo‘shimcha iqtisodiy resurslarni jalb qilish orqali ishlab chiqarish hajmining ortib borishi.

Intensiv iqtisodiy o‘sh – ishlab chiqarish omillarini rivojlantirish va ulardan foydalanish samaradorligini oshirish orqali mahsulot ishlab chiqarish hajmining ko‘payib borishi.

Iqtisodiy o‘sh omillari – iqtisodiy o‘shga ta‘sir ko‘rsatishda o‘z o‘rniga ega bo‘lgan va uni aniqlab beruvchi talab, taklif va taqsimlash omillarini bildiradi.

2-Topshiriq. O‘tilgan mavzuni mustaxkamlash, takrorlash uchun savollar va topshiriqlar

1. Iqtisodiy taraqqiyot, iqtisodiy rivojlanish va iqtisodiy o‘sh tushunchalarining ta‘rifini bering hamda ularning umumiy tomonlari va farqlarini ko‘rsating.

2. Iqtisodiy o‘shning ekstensiv va intensiv turlari qanday aniqlanadi?

3. Nima uchun real hayotda sof ekstensiv yoki sof intensiv iqtisodiy o‘sh turlari uchramaydi?

4. Mamlakatning iqtisodiy salohiyatiga, aholisining turmush darajasiga va ishlab chiqarishining samaradorligiga baho berishda iqtisodiy o‘shning qanday ko‘rsatkichlaridan foydalaniladi?

5. Iqtisodiy o‘shga ta‘sir qiluvchi taklif, taqsimlash va talab omillarini tushuntiring hamda ularning ahamiyatini baholang.

3-topshiriq

1-masala. Quyida berilgan dastlabki ma‘lumotlar asosida x , y o‘zgaruvchilar orasidagi kovariatsiya koeffitsientini aniqlang va ular haqqoniyligini o‘rnatib:

№	1	2	3	4	5
x	$2+k$	$6+k$	$10+k$	$14+k$	$18+k$
y	1	2	4	11	12

2-masala. Quyidagi masalada o‘zgaruvchilar orasidagi bog‘lanishni tahlil qiling. Ayrim davlatlarda kishilarning daromadi quyidagi formula orqali ifodalanadi

$$u = 10000 + 500s + 200t,$$

bu yerda s - bilim olgan yillar soni; t - mehnat staji(yillarda); x - kishilar yoshi. O‘n kishidan iborat bo‘lgan tanlama uchun (2-jadval)

$$\text{Cov}(x,y), \text{Cov}(x,s), \text{Cov}(x,t)$$

larni hisoblang va uning $Cov(x,y) = 500 Cov(x,s) + 200 Cov(x,t)$ ga teng ekanligini tekshirib ko'ring.

X va Y orasidagi tanlama kovariatsiyasi quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$Cov(x,y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}).$$

2-jadval

Individ	Yoshi(yillar)	Bilim olgan yillar soni	Mehnat staji	Daromad
1	18	11	1	15700+k
2	29	14	6	18200+k
3	33	12	8	17600+k
4	35	16	10	20000+k
5	45	12	5	17000+k

Variantlar o'qituvchi tomonidan beriladi.

Nazariy qism

X va Y ikkita o'zgaruvchilar bo'yicha n ta kuzatishlar mavjud bo'lganda ular orasidagi tanlama kovariatsiya quyidagi formula orqali ifodalanadi:

$$cov(x,y) = \frac{1}{n} \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \frac{1}{n} [(x_1 - \bar{x})(y_1 - \bar{y}) + \dots + (x_n - \bar{x})(y_n - \bar{y})] \quad (14)$$

quyidagi belgilashlar kiritiladi: $Cov(x,y)$ - tanlama kovariatsiyasi, $pop \cdot Cov(x,y)$ bosh to'plamdagi X va Y lar kovariatsiyasi, $Var(x)$ -tanlama dispersiyasi, $pop \cdot Var(x)$ bosh to'plam uchun dispersiya.

Kovariatsiyani hisoblashning asosiy qoidalari

Kovariatsiyaning ta'rifidan bevosita kelib chiqadigan bir nechta muhim qoidalar mavjud bo'lib ular quyidagilardir :

1-qoida. Agar $y = v + w$ bo'lsa, u holda $Cov(x,y) = Cov(x,v) + Cov(x,w)$ bo'ladi.

2- qoida. Agar $y = a \cdot z$ bo'lsa, u holda $Cov(x,y) = aCov(x,z)$ bo'ladi, bu yerda a- o'zgarmas.

3 -qoida. Agar $y = a$ bo'lsa, u holda $Cov(x,y) = 0$ bo'ladi, bu yerda a- o'zgarmas.

Uslubiy ko'rsatma

1-masalani yechishni variantsiz holatini yechish jarayoni quyidagi ko'rinishda bo'ladi: masalaning dastlabki va hisoblangan ma'lumotlarini quyidagi hisoblangan jadval ko'rinishida ifodalaymiz:

№	x	y	x^2	xy	y^2
1	2	1	4	2	1

2	6	2	36	12	4
3	10	4	100	40	16
4	14	11	196	154	121
5	18	12	324	216	144
Jami	50	30	660	424	286
O'rtacha	10	6	132	84,8	57,2
			$\overline{x^2}$	\overline{xy}	$\overline{y^2}$

Quyidagilarni hosil qilish mumkin:

$$var(x) = \overline{x^2} - (\overline{x})^2 = 132 - 100 = 32,$$

$$var(y) = \overline{y^2} - (\overline{y})^2 = 57,2 - 36 = 21,2,$$

$$cov(x, y) = \overline{xy} - \overline{x} \overline{y} = 84,8 - 60 = 24,8,$$

$$R = \frac{cov(x, y)}{\sqrt{var(x)var(y)}} = \frac{24,8}{\sqrt{32 \cdot 21,2}} = 0,952.$$

Eslatma. Excel da ma'lumotlar asosida korrelyatsiya koeffitsientini va uning kvadratini quyidagi funksiyalar orqali hosil qilish mumkin. $r = \text{ПИРСОН}(\text{массив } x; \text{массив } y)$, $r^2 = \text{КВПИРСОН}(\text{массив } x; \text{массив } y)$.

Tanlama korrelyatsiya koeffitsientining haqqoniyligini tekshirib ko'ramiz.

Kuzatilgan kriteriya qiymati $t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} = \frac{0,952\sqrt{3}}{\sqrt{0,0937}} = 5,5$ ekan.

r ning haqqoniyligini ikki xil usul bilan tekshirib ko'ramiz.

1. $\alpha = 0,05$ va $v = 3$ bo'lganda jadval bo'yicha yoki СТБЮДРАСПОВР ($\alpha; v$) funksiya yordamida topamiz.

$|t| = 5,5 > t_{\text{кр}} = 3,18$, ekan y holda $r = 0,952$ 5% darajada haqqoniy.

Kuzatilayotgan(hisoblangan) qiymatga $t=5,5$ kriteriya $t=0,0124$ haqqoniylikka mos keladi va buni Excel dasturidagi $t=\text{СТБЮДРАСП}(t;v;2)$ funksiya orqali aniqlash mumkin bu yerda $v=n-2$ erkinlik darajasi soni. Haqqoniylik $t=0,0124 < 0,05$ ekan, u holda $r=0,952$ koeffitsient 5% darajada haqqoniy, demak o'zgaruvchilar orasida chiziqli bo'g'lanish mavjud.

3-masala. Erksis o'zgaruvchining variatsiyasini tahlil qilish.

$\sqrt{R^2} = r_{\hat{y}, y}$, ekanligini ko'rsatamiz, bu yerda $r_{\hat{y}, y}$ \hat{y}, y lar o'rtasidagi korrelyatsiya koeffitsientidan iborat. Haqiqatan ham,

$$cov(\hat{y}, y) = cov(\hat{y}, \hat{y} + e) = cov(\hat{y}, \hat{y}) + cov(\hat{y}, e) = var(\hat{y})$$

munosabatni hisobga olib, $r_{\hat{y}, y} = \frac{cov(\hat{y}, y)}{\sqrt{var(\hat{y})var(y)}} = \sqrt{\frac{var(\hat{y})}{var(y)}} = \sqrt{R^2}$

ni hosil qilamiz.

Yuqoridagi 1-masala ma'lumotlaridan foydalanib, formulaning to'g'riligini ko'rsating.

4-AMALIY TOPSHIRIQ

Mavzu: Juft korrelyatsion-regression tahlil

Uslubiy korsatma

1.1. Nazariy qism.

Ikki y va x o'zgaruvchilar orasidagi regressiya juft (oddiy) omilli regressiya deyiladi, u $y = f(x)$ ko'rinishga ega bo'ladi.

bu yerda: y – natijaviy belgi (erksiz o'zgaruvchi); x – omil belgi (erkli o'zgaruvchi).

Regressiya chiziqli va chiziqsiz (chiziqli bo'lmagan) regressiyalarga ajratiladi.

Chiziqli regressiya quyidagi ko'rinishga ega: $y = a + b \cdot x + \varepsilon$.

Chiziqsiz regressiya ikki sinfga bo'linadi.

Erkli o'zgaruvchilarga nisbatan chiziqli bo'lmagan regressiyalar:

-turli darajadagi polinomlar $y = a + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3 + \varepsilon$;

-giperbolalar $y = a + \frac{b}{x} + \varepsilon$.

Baholanayotgan parametrlarga nisbatan chiziqsiz regressiyalar:

-darajali funktsiya $y = a \cdot x^b \cdot \varepsilon$;

-ko'rsatkichli funktsiya $y = a \cdot b^x \cdot \varepsilon$;

-eksponentsial funktsiya $y = e^{a+b \cdot x} \cdot \varepsilon$.

Parametrlari bo'yicha regressiya parametrlarini baholash uchun eng kichik kvadratlar usuli (EKKU) qo'llaniladi. EKKU parametrlarning shunday qiymatlarini topish imkonini beradiki, shu topilgan qiymatlarda y belgining haqiqiy qiymatlaridan uning nazariy qiymatlari \hat{y}_x orasidagi farqlarni kvadratlarining yig'indisi eng kichik (minimal) qiymatni beradi, ya'ni

$$\sum (y - \hat{y}_x)^2 \Rightarrow \min.$$

Chiziqli va chiziqsiz holatga keltiriladigan tenglamalar uchun quyidagi tenglamalar sistemasi a va b parametrlarga nisbatan echiladi:

$$\begin{cases} n \cdot a + b \sum x = \sum y \\ a \sum x + b \sum x^2 = \sum y \cdot x. \end{cases}$$

Yoki bo'lmasa tenglamalar sistemasidan kelib chiqadigan tayyor formulalardan foydalanish mumkin

$$a = \bar{y} - b \cdot \bar{x}, \quad b = \frac{\overline{y \cdot x} - \bar{y} \cdot \bar{x}}{\overline{x^2} - \bar{x}^2}.$$

O'rganilayotgan xodisa va jarayonlarda o'zgaruvchilar orasidagi bog'lanish zichligi (yoki kuchi)ni r_{xy} – chiziqli juft korrelyatsiya koeffitsienti orqali baholanadi.

Chiziqli regressiya uchun korrelyatsiya koeffitsienti ($-1 \leq r_{xy} \leq 1$):

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

Chiziqsiz regressiya uchun korrelyatsiya indeksi ($0 \leq \rho_{xy} \leq 1$):

$$\rho_{xy} = \sqrt{1 - \frac{\sigma_{qol}^2}{\sigma_y^2}} = \sqrt{1 - \frac{\sum(y - \hat{y}_x)^2}{\sum(y - \bar{y})^2}}.$$

Bu yerda $\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n}}$, $\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum(y - \bar{y})^2}{n}}$, $\sigma_{qol} = \sqrt{\frac{\sum(y - \hat{y}_x)^2}{n - m - 1}}$.

Tuzilgan modellar sifatini baholash approksimatsiyaning o'rtacha xatoligini hamda determinatsiya koeffitsienti qo'llab amalga oshiriladi.

Approksimatsiyaning o'rtacha xatoligi – natijaviy belgini hisoblangan qiymatlariniyu haqiqiy qiymatlaridan o'rtacha og'ishi:

$$\bar{A} = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{y - \hat{y}_x}{y} \right| \cdot 100\%,$$

\bar{A} ning mumkin bo'lgan qiymatlari 10 % dan katta bo'lmasligi kerak.

Regressiya tenglamasining sifatini baholashning *F-test* – usuli.

Bu usulda regressiya tenglamasi va bog'lanish zichligi ko'rsatkichini statistik ma'nodor emasligi haqidagi H_0 gipotezani tekshirishdan iborat. Buning uchun haqiqiy (F_{haq}) va Fisher F-kriteriyasining tablitsa (F_{jadv}) qiymatlari taqqoslanadi. F_{haq} quyidagicha topiladi:

$$F_{haq} = \frac{r_{xy}^2}{1 - r_{xy}^2} \frac{n - m - 1}{m},$$

bu yerda n -kuzatuvlar soni, m -erkli o'zgaruvchilar soni.

F_{jadv} – berilgan erkinlik darajasi va α ma'nodorlik darajasida tasodifiy faktorlar ta'sirida kriteriyaning bo'lishi mumkin bo'lgan eng katta (maksimal) qiymati. α – ma'nodorlik darajasi, bu y teng bo'lgan qiymatda to'g'ri gipotezani inkor etish ehtimolligi. Odatda α 0,05 yoki 0,01ga teng deb olinadi.

Agar $F_{jadv} < F_{haq}$ shart bajarilsa baholanayotgan regressiya tenglamasida omillarning tasodifiyligi haqidagi H_0 gipoteza rad etiladi hamda regressiya statistik ma'noga egaligi va ishonchliligi tan olinadi. Agar $F_{jadv} > F_{haq}$ shart o'rinli bo'lsa H_0 gipoteza rad etilmaydi va regressiya tenglamasining statistik ma'noga ega emasligi, ishonchli emasligi tan olinadi.

Regressiya va korrelyatsiya koeffitsientlarining statistik ma'nodorligini baholash uchun Student t-kriteriyasi va har bir ko'rsatkichning ishonch intervallari hisoblanadi. Regressiya va korrelyatsiya koeffitsientlarining ma'nodorligini Student t-kriteriyasi yordamida baholash ularning qiymatlarini tasodifiy xatolarining qiymatlari bilan taqqoslash orqali amalga oshiriladi: ya'ni,

$$t_a = \frac{a}{m_a}; \quad t_b = \frac{b}{m_b}; \quad t_r = \frac{r}{m_r}.$$

Chizikli regressiya parametrlari va korrelyatsiya koeffitsientlarining tasodifiy xatolari quyidagi formulalar bilan hisoblanadi:

$$m_a = \sigma_{qol} \frac{\sqrt{\sum x^2}}{n \cdot \sigma_x}, \quad m_b = \frac{\sigma_{qol}}{\sigma_x \cdot \sqrt{n}}, \quad m_{r_{xy}} = \sqrt{\frac{1 - r_{xy}^2}{n - 2}}.$$

t-statistikada jadval(t_{jadv}) va haqiqiy(t_{haq}) qiymatlarni taqqoslab H_0 gipotezani qabul qilinadi yoki rad etiladi.

Fisher F-kriteriyasi va Student t-kriteriyasi orasidagi bog'lanish quyidagicha ifodalanadi:

$$t_r^2 = t_b^2 = \sqrt{F}.$$

Agar $t_{jadv} < t_{haq}$ shart bajarilsa H_0 gipoteza rad etiladi, ya'ni a , b va r_{xy} noldan tasodifiy farq qilmaydi va ular x omilning tizimli ta'sirida yuzaga kelgan. Agar $t_{jadv} > t_{haq}$ shart o'rinli bo'lsa, u holda H_0 gipoteza rad etilmaydi va a , b va r_{xy} lar tasodifiyligi tan olinadi.

Har bir parametr shonch oralig'ini hisoblash uchun bo'lishi mumkin bo'lgan hatolik $-\Delta$ aniqlaniladi.

$$\Delta_a = t_{jadv} \cdot m_a, \quad \Delta_b = t_{jadv} \cdot m_b.$$

Ishonch oralig'larini aniqlash formulalari quyidagicha:

$$\begin{aligned} \gamma_a &= a \pm \Delta_a; & \gamma_{a_{min}} &= a - \Delta_a; & \gamma_{a_{max}} &= a + \Delta_a. \\ \gamma_b &= b \pm \Delta_b; & \gamma_{b_{min}} &= b - \Delta_b; & \gamma_{b_{max}} &= b + \Delta_b. \end{aligned}$$

Agar ishonch oralig'i chegarasiga nol tushib qolsa, ya'ni quyi chegarasi manfiy yuqori chegarasi musbat bo'ladigan bo'lsa, baholanayotgan parametr nol deb qabul qilinadi, chunki u bir paytning o'zida ham musbat. ham manfiy qiymatni qabul qila olmaydi.

Erksiz o'zgaruvchi y ning prognoz qiymati $\hat{y}_x = a + b \cdot x$ regressiya tenglamasiga erkli o'zgaruvchi x_r ning prognoz qiymatini qo'yib hisoblanadi. Prognoz qiymatning aniqligini hisoblash uchun prognozning o'rtacha standart hatoligi $m_{\hat{y}_p}$ hisoblanadi.

$$m_{\hat{y}_p} = \sigma_{qol} \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(x_p - \bar{x})^2}{\sum (x - \bar{x})^2}},$$

Prognozning ishonch oralig'i quyidagicha aniqlaniladi:

$$\gamma_{\hat{y}_p} = \hat{y}_p \pm \Delta_{\hat{y}_p}; \quad \gamma_{\hat{y}_{p_{min}}} = \hat{y}_p - \Delta_{\hat{y}_p}; \quad \gamma_{\hat{y}_{p_{max}}} = \hat{y}_p + \Delta_{\hat{y}_p}.$$

bu yerda $\Delta_{\hat{y}_p} = t_{jadv} \cdot m_{\hat{y}_p}$.

1.2. Namunaviy misollar yechish

1-misol.

Mamlakatda ettita viloyat bo'yicha ikkita ko'rsatkich qiymatlari berilgan(1.1-jadval).

1.1-jadval

Viloyatlar raqamlari	Umumiy xarajatlarda oziq-ovqat maxsulotlarini sotib olish uchun xarajatlar, %, y	Bir ishchining o'rtacha kunlik ish haqi, ming so'm, x
----------------------	--	---

1	68,8	45,1
2	61,2	59,0
3	59,9	57,2
4	56,7	61,8
5	55,0	58,8
6	54,3	47,2
7	49,3	55,2

Topshiriq:

1. y bilan x orasidagi bog‘lanishni tavsiflash uchun quyidagi funktsiyalar parametrlarini hisoblang:

- chiziqli;
- darajali;
- ko‘rsatkichli;
- teng tomonli giperbola.

2. Har bir modelni approssimatsiyaning o‘rtacha xatoligi - \bar{A} va Fisher F-kriteriyasi yordamida baholang.

Yechish

1.a. $y = a + b \cdot x$ chiziqli regressiyaning a va b parametrlarini hisoblash uchun quyidagi normal tenglamalar sistemasini a va b larga nisbatan echamiz:

$$\begin{cases} n \cdot a + b \cdot \sum x = \sum y \\ a \cdot \sum x + b \cdot \sum x^2 = \sum (y \cdot x) \end{cases}$$

Hisoblashlarni amalga oshirish uchun quyidagi ishchi jadvalini tuzamiz(1.2-jadval):

1.2-jadval

	y	x	yx	x^2	y^2	\hat{y}_x	$y - \hat{y}_x$	$A_i, \%$
1	68,8	45,1	3102,88	2034,01	4733,44	61,3	7,5	10,9
2	61,2	59,0	3610,80	3481,00	3745,44	56,5	4,7	7,7
3	59,9	57,2	3426,28	3271,84	3588,01	57,1	2,8	4,7
4	56,7	61,8	3504,06	3819,24	3214,89	55,5	1,2	2,1
5	55,0	58,8	3234,00	3457,44	3025,00	56,5	-1,5	2,7
6	54,3	47,2	2562,96	2227,84	2948,49	60,5	-6,2	11,4
7	49,3	55,2	2721,36	3047,04	2430,49	57,8	-8,5	17,2
Jami	405,2	384,3	22162,34	21338,41	23685,76	405,2	0,0	56,7
O‘rtacha qiymat	57,89	54,90	3166,05	3048,34	3383,68	x	x	8,1
σ	5,74	5,86	x	x	x	x	x	x
σ^2	32,92	34,34	x	x	x	x	x	x

Jadval ma'lumotlaridan foydalanib a va b parametrlarning qiymatlarini hisoblaymiz:

$$b = \frac{\overline{y \cdot x} - \bar{y} \cdot \bar{x}}{\sigma_x^2} = \frac{3166,05 - 57,89 \cdot 54,9}{5,86^2} = -0,35,$$

$$a = \bar{y} - b \cdot \bar{x} = 57,89 + 0,35 \cdot 54,9 = 76,88.$$

Parametrlarning qiymatlarini o'rniga qo'ysak ushbu regressiya tenglamasini olamiz:

$$\hat{y}_x = 76,88 - 0,35 \cdot x.$$

Tuzilgan regressiya tenglamasi o'rtacha kunlik ish haqini 1000 so'mga ortishi oziq-ovqat mahsulotlarini sotib olish uchun harajatlar ulushni o'rtacha 0,35 foizga kamayishiga olib kelishini ko'rsatadi.

Chiziqli juft korrelyatsiya koeffitsientini hisoblaymiz:

$$r_{xy} = b \frac{\sigma_x}{\sigma_y} = -0,35 \frac{5,86}{5,74} = -0,357.$$

Bog'lanish o'rta miyona, teskari.

Determinatsiya koeffitsientini aniqlaymiz.

$$r_{xy}^2 = (-0,357)^2 = 0,127.$$

Determinatsiya koeffitsientining bu qiymati natija - y ning variatsiyasi 12,7 foiz x omil belgining variatsiyasiga bog'liqligini ko'rsatadi.

Regressiya tenglamasiga x ning haqiqiy qiymatlarini qo'yib \hat{y}_x ning nazariy (hisoblangan) qiymatlarini topamiz.

Endi \bar{A} – approksimatsiyaning o'rtacha standart hatoligini hisoblaymiz.

$$\bar{A} = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{y - \hat{y}_x}{y} \right| \cdot 100\% = \frac{0,567}{7} 100\% = 8,1\%.$$

Bu, natijaviy belgining hisoblangan qiymatlari nazariy qiymatlaridan 8,1 foizga chetlanishini ko'rsatadi.

Fisherning F-kriteriyasini hisoblaymiz:

$$F_{haq} = \frac{0,127}{0,873} \cdot 5 = 0,7.$$

$1 \leq F \leq \infty$ ekanligini e'tiborga oladigan bo'lsak, olingan natijalar hosil bo'lgan bog'lanishni tasodifiy xususiyatga egaligi haqidagi H_0 gipotezani qabul qilish kerakligini va tenglama parametrlari hamda bog'lanish zichligini statistik ma'noga ega emasligini ko'rsatadi.

1 b. $y = a \cdot x^b$ –darajali modelni tuzishdan avval, o'zgaruvchilarni chiziqli ko'rinishga keltiramiz. Misolimizda chiziqli holatga keltirish tenglamani ikkala qismini logarifmlash orqali amalga oshiriladi.

$$\log y = \log a + b \cdot \log x,$$

$$Y = C + b \cdot X.$$

bu yerda $Y = \log y$, $X = \log x$, $C = \log a$.

Hisoblashlarni amalga oshirish uchun ishchi jadval tuzib(1.3-jadval).
b va C larni hisoblaymiz:

1.3-jadval

	Y	X	YX	Y ²	X ²	\hat{y}_x	$y - \hat{y}_x$	$(y - \hat{y}_x)^2$	A_i
1	1,8376	1,6542	3,0398	3,3768	2,7364	61,0	7,8	60,8	11,3
2	1,7868	1,7709	3,1642	3,1927	3,1361	56,3	4,9	24,0	8,0
3	1,7774	1,7574	3,1236	3,1592	3,0885	56,8	3,1	9,6	5,2
4	1,7536	1,7910	3,1407	3,0751	3,2077	55,5	1,2	1,4	2,1
5	1,7404	1,7694	3,0795	3,0290	3,1308	56,3	-1,3	1,7	2,4
6	1,7348	1,6739	2,9039	3,0095	2,8019	60,2	-5,9	34,8	10,9
7	1,6928	1,7419	2,9487	2,8656	3,0342	57,4	-8,1	65,6	16,4
Jami	12,3234	12,1587	21,4003	21,7078	21,1355	403,5	1,7	197,9	56,3
O'rtacha qiymat	1,7605	1,7370	3,0572	3,1011	3,0194	x	x	28,27	8,0
σ	0,0425	0,0484	x	x	x	x	x	x	x
σ^2	0,0018	0,0023	x	x	x	x	x	x	x

$$b = \frac{\overline{Y \cdot X} - \bar{Y} \cdot \bar{X}}{\sigma_x^2} = \frac{3,0572 - 1,7605 \cdot 1,7370}{0,0484^2} = -0,298.$$

$$C = \bar{Y} - b \cdot \bar{X} = 1,7605 + 0,298 \cdot 1,7370 = 2,278.$$

Hisoblanganlarni o'rniga qo'yib $\bar{Y} = 2,78 - 0,298 \cdot x$ chiziqli tenglamani olamiz. Tenglamani potentsirlab quyidagi darajali modelni olamiz:

$$\hat{y}_x = 10^{2,278} \cdot x^{-0,298} = 189,7 \cdot x^{-0,298}.$$

Hosil bo'lgan tenglamaga x ning haqiqiy qiymatlarini qo'yib, \hat{y}_x natijaning nazariy qiymatlarini olamiz.

Ular bo'yicha bog'lanish zichligi- ρ_{xu} korrelyatsiya indeksini va \bar{A} -
approksimatsiyaning o'rtacha xatoligini hisoblaymiz.

$$\bar{A} = \sqrt{1 - \frac{\sum(y - \hat{y}_x)^2}{\sum(y - \bar{y})^2}} = \sqrt{1 - \frac{28,27}{32,92}} = 0,3758, \quad \bar{A} = 8,0\%.$$

Darajali modelning tavsifi bog'lanishni chiziqli funktsiyaga nisbatan ancha yaxshi ekanligini ko'rsatadi.

1v. $y = a \cdot b^x$ - ko'rsatkichli egri chiziq modelini tuzishdan oldin funktsiyani ikki tomonini logarifmlab o'zgaruvchilarni chiziqli ko'rinishga keltiramiz.

$$\log y = \log a + x \cdot \log b ;$$

$$Y = C + B \cdot x .$$

bu yerda $Y = \log y$, $C = \log a$, $B = \log b$.

Hisoblashni amalga oshirish uchun ishchi jadval tuzamiz(1.4-jadval).

	Y	x	Yx	Y ²	x ²	\hat{y}_x	$y - \hat{y}_x$	$(y - \hat{y}_x)^2$	A _i
1	1,8376	45,1	82,8758	3,3768	2034,01	61,7	8,1	65,61	11,8
2	1,7868	59,0	105,4212	3,1927	3481,00	56,4	4,8	23,04	7,8
3	1,7774	57,2	101,6673	3,1592	3271,84	56,9	3,0	9,00	5,0
4	1,7536	61,8	108,3725	3,0751	3819,24	55,5	1,2	1,44	2,1
5	1,7404	58,8	102,3355	3,0290	3457,44	56,4	-1,4	1,96	2,5
6	1,7348	47,2	81,8826	3,0095	2227,84	60,0	-5,7	32,49	10,5
7	1,6928	55,2	93,4426	2,8656	3047,04	57,5	-8,2	67,24	16,6
Jami	12,3234	384,3	675,9974	21,7078	21338,41	403,4	-1,8	200,78	56,3
O'rtacha qiyamat	1,7605	54,90	96,5711	3,1011	3048,34	x	x	28,68	8,0
σ	0,0425	5,86	x	x	x	x	x	x	x
σ ²	0,0018	34,34	x	x	x	x	x	x	x

A va C regressiya parametrlarining qiymatlari quyidagilarga teng bo'ladi:

$$B = \frac{\overline{Y \cdot x} - \bar{Y} \cdot \bar{x}}{\sigma_x^2} = \frac{96,5711 - 1,7605 \cdot 54,90}{5,86^2} = -0,0023,$$

$$C = \bar{Y} - B \cdot \bar{x} = 1,7605 + 0,0023 \cdot 54,9 = 1,887.$$

Bularni tenglamaga qo'ysak $\hat{Y}_x = 1,887 - 0,0023 \cdot x$ chiziqli tenglama hosil bo'ladi.

Hosil bo'lgan tenglamani potentsirab uni oddiy shaklda yozamiz:

$$\hat{y}_x = 10^{1,887} \cdot 10^{-0,0023 \cdot x} = 77,1 \cdot 0,9947^x.$$

Bog'lanish zichligini ρ_{xy} -korrelyatsiya indeksi orqali baholaymiz:

$$\rho_{xy} = \sqrt{1 - \frac{\sum(y - \hat{y}_x)^2}{\sum(y - \bar{y})^2}} = \sqrt{1 - \frac{28,27}{32,92}} = 0,358, \quad \bar{A} = 8,0\%.$$

Bu bog'lanish o'rtamiyona bo'lib, approksimatsiya xatoligini oshganligini ko'rsatadi. Ko'rsatkichli funktsiya o'rganilayotgan bog'lanishni darajali funktsiyadagi bog'lanishga nisbatan yomonroq tasvirlaydi.

1g. $y = a + b \cdot \frac{1}{x}$ teng tomonli giperbola tenglamasini $z = \frac{1}{x}$ almashtirish bilan chiziqli xolatga keltiramiz. Bunda tenglama $y = a + b \cdot z$ ko'rinishni oladi. Hisoblashlarni amalga oshirish uchun ishchi jadval tuzamiz(1.5-jadval).

	y	z	yz	z ²	y ²	\hat{y}_x	$y - \hat{y}_x$	$(y - \hat{y}_x)^2$	A _{i,%}
1	68,8	0,0222	1,5255	0,000492	4733,44	61,3	7,0	49,00	10,2
2	61,2	0,0169	1,0373	0,000278	3745,44	56,5	4,9	24,01	8,0
3	59,9	0,0175	1,0472	0,000306	3588,01	57,1	3,0	9,00	5,0
4	56,7	0,0162	0,9175	0,000262	3214,89	55,5	1,2	1,44	2,1
5	55,0	0,0170	0,9354	0,000289	3025,00	56,5	-1,4	1,96	2,5
6	54,3	0,0212	1,1504	0,000449	2948,49	60,5	-6,5	42,25	12,0

7	49,3	0,0181	0,8931	0,000323	2430,49	57,8	-8,2	67,24	16,6
Ja-mi	405,2	0,1291	7,5064	0,002431	23685,76	405,2	0,0	194,90	56,5
O'rtacha qiymat	57,89	0,0184	1,0723	0,000345	3383,68	x	x	27,84	8,1
σ	5,74	0,002145	x	x	x	x	x		x
σ^2	32,94	0,000005	x	x	x	x	x		x

Hisoblashlar natijalariga ko'ra a va b parametrlarning qiymatlari quyidagilarga teng bo'ladi:

$$b = \frac{\bar{y} \cdot \bar{z} - \bar{y} \cdot \bar{z}}{\sigma_z^2} = \frac{1,0723 - 57,89 \cdot 0,0184}{0,002145^2} = 1051,4,$$

$$a = \bar{y} - b \cdot \bar{z} = 57,89 - 1051,4 \cdot 0,0184 = 38,5.$$

Parametrlarning hosil bo'lgan qiymatlarin o'rinlariga qo'yib

$$\hat{y}_x = 38,05 + 10,51 \cdot \frac{1}{x} \quad \text{regressiya tenglamasini olamiz.}$$

Korrelyatsiya indeksini hisoblaymiz:

$$\rho_{xy} = \sqrt{1 - \frac{27,84}{32,92}} = 0,3944.$$

Approksimatsiyaning o'rtacha standart hatoligi $\bar{A} = 8,1\%$.

Ikki tomonli giperbola tenglamasi bo'yicha bog'lanish kuchi chiziqli, darajali va ko'rsatkichli regressiyalarga nisbatan kuchliroq ya'ni,

$$\rho_{xy} = 0,3944, \quad \bar{A} \text{ esa me'yor darajasida.}$$

$$2. \quad F_{haq} = \frac{\rho_{xy}^2}{1 - \rho_{xy}^2} \cdot \frac{n - m - 1}{n} = \frac{0,1555}{0,8445} \cdot 5 = 0,92,$$

$$F_{jad} = 6,6 > F_{haq} = 0,92, \quad \alpha = 0,05.$$

Xulosa qilib shuni ta'kidlash mumkinki, tenglamaning parametrlari statistik ahamiyatga ega emasligi haqidagi H_0 gipotezani qabul qilinadi. Ushbu natijalar ko'rib chiqilgan bog'lanishlar zichligi nisbatan yuqori emasligi va kuztuvlar sonining kamligi bilan tasdiqlanadi.

1.3. Mustaqil ishlash uchun masalalar

1-masala.

Quyidagi regressiya tenglamalari berilgan:

$$1. y = a + bx^3 + \varepsilon, \quad 2. y = a + b \ln x + \varepsilon,$$

$$3. \ln y = a + b \ln x + \varepsilon, \quad 4. y = a + bx^c,$$

$$5. y^a = b + cx^2 + \varepsilon, \quad 6. y = a + \frac{b}{x} + \varepsilon$$

Topshiriq:

Yuqorida keltirilgan regressiya tenglamalarining qaysi biri o'zgaruvchilar bo'yicha chiziqli, qaysi biri parametrlar bo'yicha chiziqli, qaysi biri ham o'zgaruvchilar bo'yicha ham parametrlar bo'yicha chiziqli emasligini aniqlang.

2-masala.

y ning x ga bog'lanishini tavsiflovchi quyidagi regressiya modeli berilgan bo'lsin:

$$y = 8 - 7x + \varepsilon.$$

$r_{xy} = -0,5$; $n = 20$ 'ekanligi ham ma'lum bo'lsin.

Topshiriq:

1. Berilgan modelda regressiya koeffitsienti uchun ehtimollikning quyidagi qiymatlarida ishonch oralig'ini tuzing:
 - a) 90% ehtimollik bilan;
 - b) 99% ehtimollik bilan.
2. Olingan natijalarni tahlil qilib, ularning farqlarini tushuntirib bering.

3-masala.

30 ta savdo tashkiloti bo'yicha maxsulot bahosi $-x$ (ming so'm) va savdo tashkilotining foydasi- y (mln. so'm) ko'rsatkichlari orasidagi bog'lanish o'rganilgan.

Regression modelni baholash natijasida quyidagi dastlabki natijalar olingan:

$$\sum (y_j - \hat{y}_x)^2 = 39000;$$
$$\sum (y_j - \bar{y})^2 = 120000.$$

Topshiriq:

1. Bu malumotlar bilan qanday korrelyatsiya koeffitsientini aniqlash mumkin, tushuntirib bering.
2. Fisher F-kriteriyasi qiymatini hisoblash uchun dispersion tahlil jadvalini tuzing.
3. F-kriteriyasining haqiqiy qiymatini jadval qiymati bilan taqqoslang va hulosa qiling.

5-AMALIY TOPSHIRIQ

Mavzu: Chiziqsiz regressiya

Uslubiy korsatma

1.1. Nazariy qism.

Agar iqtisodiy hodisalar o'rtasida chiziqli bo'lmagan munosabatlar mavjud bo'lsa, unda ular tegishli chiziqli bo'lmagan funktsiyalar yordamida ifodalanadi: masalan, giperbola, ikkinchi darajali parabola va boshqalar. Yuqorida ta'kidlab o'tilganidek, chiziqli bo'lmagan regressiyalar ikki sinfga bo'linadi: tahlilga kiritilgan tushuntirish o'zgaruvchilariga nisbatan chiziqli bo'lmagan, ammo baxolanuvchi parametrlarda chiziqli va baxolanuvchi qilingan parametrlarda chiziqli bo'lmagan regressiyalar.

Tushuntiruvchi o'zgaruvchilardagi chiziqli bo'lmagan regressiyalar:

- turli darajadagi polinomlar $y = a + b_1x + b_2x^2 + b_3x^3 + \varepsilon$

- giperbola $y = a + \frac{x}{b} + \varepsilon$

Parametrlari bo'yicha chiziqli bo'lmagan regressiyalar:

- darajali - $y = a \cdot x^b \cdot \varepsilon$;

- ko'rsatkichli - $y = a \cdot b^x \cdot \varepsilon$;

- eksponentsial - $y = e^{a+bx} \cdot \varepsilon$;

- logarifmik - $y = a_0 + a_1x + a_2 \lg X + \varepsilon$.

1.2. Namunaviy masala yechish.

20 ta oilaning yashash sharoitini o'rtacha jon boshiga to'g'ri keladigan daromadga bog'liqligini o'rganish natijalari quyidagicha tavsiflangan:

regressiya tenglamasi: $\hat{y}_x = 2 \cdot x^{0,3}$;

korrelyatsiya indeksi: $\rho_{xy} = 0,9$;

qoldiq dispersiya: $\sigma_{qol}^2 = 0,06$.

Topshiriq:

Olingan natijalarni dispersion tahlil qiling.

Yechish

1.9-jadval

u ning variatsiyasi	Erkinlik darjasi soni	Chetlanishlar kvadratlari yig'indisi, S	Bitta erkinlik darajasiga dispersiya, D	F_{xaq}	F_{jad} $\alpha = 0,05,$ $k_1=1, k_2=18$
Umumiy	$df = n - 1 = 19$	6,316	-	-	-
Haqiqiy	$k_1 = m = 1$	5,116	5,116	76,7	4,41
Qoldiq	$k_2 = n-m-1=18$	1,200	0,0667	-	-

$$S_{qol} = \sigma_{qol}^2 \cdot n = 0,06 \cdot 20 = 1,2;$$

$$S_{umum} = S_{qol} : (1 - \rho_{xy}^2) = 1,2 : (1 - 0,81) = 6,316;$$

$$S_{haq} = 6,316 - 1,2 = 5,116;$$

$$F_{haq} = \frac{0,9^2}{1 - 0,9^2} \cdot \frac{18}{1} = 76,7.$$

$F_{haq} = 76,7 > F_{jad} = 4,4$ munosabat o'rinli bo'lganligi sababli, omil(haqiqiy) va qoldiq dispersiyalarning farqlanishini tasodifiyligi haqidagi gipoteza o'rinli emas. Bu farqlanishlar muxim, statistik nuqtai nazardan ahamiyatli, tenglama ishonarli, ahamiyatli, bog'lanish zichligi ko'rsatkichi ishonchli va oilalarning yashash sharoiti o'rtacha jon boshiga to'g'ri keladigan daromad miqdoriga bog'liqligini ifodalaydi.

1.3. Mustaqil yechish uchun masalalar.

1-masala.

Quyidagi regressiya tenglamalari berilgan:

2. $y = a + bx^3 + \varepsilon$, 2. $y = a + b \ln x + \varepsilon$,

3. $\ln y = a + b \ln x + \varepsilon$, 4. $y = a + bx^c$,

$$5. y^a = b + cx^2 + \varepsilon, \quad 6. y = a + \frac{b}{x} + \varepsilon$$

Topshiriq:

Yuqorida keltirilgan regressiya tenglamalarining qaysi biri o'zgaruvchilar bo'yicha chiziqli, qaysi biri parametrlar bo'yicha chiziqli, qaysi biri ham o'zgaruvchilar bo'yicha ham parametrlar bo'yicha chiziqli emasligini aniqlang.

2-masala.

y ning x ga bog'lanishini tavsiflovchi quyidagi regressiya modeli berilgan bo'lsin:

$$y = 8 - 7x + \varepsilon.$$

$$r_{xy} = -0,5; \quad n = 20 \text{ 'ekanligi ham ma'lum bo'lsin.}$$

Topshiriq:

2. Berilgan modelda regressiya koeffitsienti uchun ehtimollikning quyidagi qiymatlarida ishonch oralig'ini tuzing:

a) 90% ehtimollik bilan;

b) 99% ehtimollik bilan.

2. Olingan natijalarni tahlil qilib, ularning farqlarini tushuntirib bering.

3-masala.

30 ta savdo tashkiloti bo'yicha maxsulot bahosi $-x$ (ming so'm) va savdo tashkilotining foydasi- y (mln. so'm) ko'rsatkichlari orasidagi bog'lanish o'rganilgan.

Regression modelni baholash natijasida quyidagi dastlabki natijalar olingan:

$$\sum (y_j - \hat{y}_x)^2 = 39000;$$

$$\sum (y_j - \bar{y})^2 = 120000.$$

Topshiriq:

4. Bu ma'lumotlar bilan qanday korrelyatsiya koeffitsientini aniqlash mumkin, tushuntirib bering.

5. Fisher F-kriteriyasi qiymatini hisoblash uchun dispersion tahlil jadvalini tuzing.

F-kriteriyasining haqiqiy qiymatini jadval qiymati bilan taqqoslang va hulosani qiling.

6-AMALIY TOPSHIRIQ

Mavzu: Ko'p omilli ekonometrik tahlil

Uslubiy korsatma

1.1. Nazariy qism.

Ko'p omilli regressiya deb natijaviy belgi (erksiz o'zgaruvchi) $-y$ ning erkli o'zgaruvchilar(omillar) $-x_1, x_2, \dots, x_p$ bilan bog'lanishini ifodalovchi

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

funktsiyaga aytiladi.

Ko'p omilli regressiya tenglamasini tuzish uchun asosan quyidagi funktsiyalardan foydalaniladi:

- chiziqli $-y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_px_p + \varepsilon;$
- darajali $-y = a \cdot x_1^{b_1} \cdot x_2^{b_2} \dots x_p^{b_p} \cdot \varepsilon;$
- giperbola $-y = \frac{1}{a+b_1x_1+b_2x_2+\dots+b_px_p+\varepsilon};$
- eksponentli... $-y = e^{a+b_1x_1+b_2x_2+\dots+b_px_p+\varepsilon}.$

Bulardan tashqari chiziqli ko'rinishga keltirilishi mumkin bo'lgan boshqa funktsiyalardan ham foydalanish mumkin.

Ko'p omilli regressiya tenglamasini parametrlarini baholash uchun eng kichik kvadratlar usuli(EKKU) qo'llaniladi. Chiziqli tenglamalar va chiziqli ko'rinishga keltirilishi mumkin bo'lgan chiziqsiz tenglamalar uchun echimi regressiya parametrlarini baholash imkonini beruvchi quyidagi normal tenglamalar sistemasi tuziladi.

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum y = na + b_1 \sum x_1 + b_2 \sum x_2 + \dots + b_p \sum x_p, \\ \sum yx_1 = a \sum x_1 + b_1 \sum x_1^2 + b_2 \sum x_2x_1 \dots b_p \sum x_px_1, \\ \dots \dots \dots \\ \sum yx_p = a \sum x_p + b_1 \sum x_1x_p + b_2 \sum x_2x_p + \dots b_p \sum x_p^2. \end{array} \right.$$

Sistemani yechish uchun matritsalar algebrasidan foydalaniladi.

Ko'p omilli regressiya modelini tuzishning boshqa usuli bu – standartlashtirilgan masshtabdagi regressiya tenglamasi:

$$t_y = \beta_1 t_{x_1} + \beta_2 t_{x_2} + \dots + \beta_p t_{x_p},$$

bu yerda:

$$t_y = \frac{y-\bar{y}}{\sigma_y}, \quad t_{x_i} = \frac{x_i-\bar{x}_i}{\sigma_{x_i}} \quad - \text{standartlashtirilgan o'zgaruvchilar};$$

β_i –standartlashtirilgan regressiya koeffitsientlari.

Standartlashtirilgan masshtabdagi ko'p omilli regressiya tenglamasiga EKKUni qo'llab, standartlashtirilgan regressiya koeffitsientlari quyidagi tenglamalar tizimidan aniqlaniladi.

$$\left\{ \begin{array}{l} r_{yx_1} = \beta_1 + \beta_2 r_{x_2x_1} + \beta_3 r_{x_3x_1} + \dots + \beta_p r_{x_px_1}, \\ r_{yx_2} = \beta_1 r_{x_1x_2} + \beta_2 + \beta_3 r_{x_3x_2} + \dots + \beta_p r_{x_px_2}, \\ \dots \dots \dots \\ r_{yx_p} = \beta_1 r_{x_px_1} + \beta_2 r_{x_px_2} + \beta_3 r_{x_px_3} + \dots + \beta_p. \end{array} \right.$$

Ko'p omilli regressiya koeffitsienti b_i standartlashtirilgan regressiya koeffitsienti β_i bilan quyidagi munosabat orqali bog'langan:

$$b_i = \beta_i \frac{\sigma_y}{\sigma_{x_i}}.$$

a parametr quyidagicha aniqlanadi:

$$a = \bar{y} - b_1 \bar{x}_1 - b_2 \bar{x}_2 - \dots - b_p \bar{x}_p.$$

Chizikli regressiya uchun *elastiklikning o'rtacha koeffitsienti* quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

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

Elastiklikning xususiy koeffitsientini hisoblash uchun quyidagi formula qo'llaniladi:

$$E_{yx_i} = b_i \frac{x_i}{\hat{y}_{x_1, x_2, \dots, x_{i-1}, x_{i+1}, \dots, x_p}}.$$

Omillarning natijaga birgalikdagi ta'sir kuchi zichligi *ko'p omilli korrelyatsiya indeksi* bilan aniqlaniladi:

$$R_{yx_1 x_2 \dots x_p} = \sqrt{1 - \frac{\sigma_{qol}^2}{\sigma_y^2}}.$$

Ko'p omilli korrelyatsiya indeksining qiymati $[0,1]$ oralig'ida yotadi va u juft korrelyatsiya indeksining eng katta qiymatidan katta yoki unga teng bo'lishi kerak, ya'ni:

$$R_{yx_1 x_2 \dots x_p} \geq r_{yx_i} \quad (i = \overline{1, p}).$$

Standartlashtirilgan masshtabdagi tenglama uchun ko'p omilli korrelyatsiya indeksini quyidagicha yozish mumkin:

$$R_{yx_1 x_2 \dots x_p} = \sqrt{\sum \beta_i r_{yx_i}}.$$

Korrelyatsiyaning xususiy koeffitsienti (indeksi) y natijaviy belgiga x_i - omilni, qolgan omillar o'zgarmagan holda ta'sir kuchini o'lchaydi va u quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$r_{yx_i x_1 x_2 \dots x_p} = \sqrt{1 - \frac{1 - R_{yx_1 x_2 \dots x_p}^2}{1 - R_{yx_1 x_2 \dots x_{i-1}, x_{i+1} \dots x_p}^2}},$$

yoki quyidagi rekkurent formula bilan hisoblanadi:

$$r_{yx_i x_1 x_2 \dots x_p} = \frac{r_{yx_i x_1 \dots x_{p-1}} - r_{yx_p x_1 x_2 \dots x_{p-1}} \cdot r_{x_i x_p x_1 x_2 \dots x_{p-1}}}{\sqrt{(1 - r_{yx_p x_1 x_2 \dots x_{p-1}}^2)(1 - r_{x_i x_p x_1 x_2 \dots x_{p-1}}^2)}}$$

Korrelyatsiyaning xususiy koeffitsientlari $[-1,1]$ oralig'ida o'zgaradi. Tuzilgan modelning sifatini determinatsiya koeffitsienti (indeksi) baholaydi. Ko'p omilli determinatsiya koeffitsienti ko'p omilli korrelyatsiya indeksi kvadratiga teng:

$$R_{yx_1 x_2 \dots x_p}^2.$$

Tuzatilgan ko'p omilli determinatsiya indeksi erkinlik darajasi sonini e'tiborga oladi va quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$\hat{R}^2 = 1 - (1 - R^2) \frac{n-1}{n-m-1},$$

bu yerda n - kuztuvlar soni,
 m -omillar soni.

Ko'p omilli regressiya tenglamasining ahamiyatliligi Fisherning F-kriteriyasi

$$F = \frac{R^2}{1 - R^2} \cdot \frac{n - m - 1}{m}$$

yordamida baholanadi.

Xususiy F-kriteriya tenglamada har bir omilning ishtirokini statistik ahamiyatliligini baholaydi. Umumiy ko'rinishda x_i omil uchun xususiy F-kriteriya quyidagicha aniqlaniladi:

$$F_{xususiy_{x_i}} = \frac{R_{y_{x_1 \dots x_i \dots x_p}}^2 - R_{y_{x_1 \dots x_{i-1} x_{i+1} \dots x_p}}^2}{1 - R_{y_{x_1 x_2 \dots x_p}}^2} \cdot \frac{n-m-1}{1}.$$

Toza regressiya koeffitsientlarini Student t-kriteriyasi yordamida baholash quyidagi ifodaning qiymatini hisoblashga olib keladi:

$$t_{b_i} = \frac{b_i}{m_{b_i}} = \sqrt{F_{x_i}}.$$

bu yerda $m_{b_i} - b_i$ regressiya koeffitsientining o'rtacha kvadratik xatoligi, u quyidagi formula bilan aniqlanishi mumkin:

$$m_{b_i} = \frac{\sigma_y \cdot \sqrt{1 - R_{y_{x_1 \dots x_p}}^2}}{\sigma_{x_i} \cdot \sqrt{1 - R_{x_i x_1 \dots x_p}^2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{n-m-1}}.$$

Ko'p omilli regressiya tenglamalarini tuzishda omillarning multikollinearlik muammosi yuzaga kelishi mumkin, ya'ni omillarning o'zaro chiziqli bog'lanish darajasi yuqori bo'lishi holatlari. Bunday holatlarda ko'p omilli regressiya natijalari tuzilgan modelni ishonchli emasligiga olib keladi.

Omillarning multikollinearligini tekshirish uchun omillar bo'yicha juft korrelyatsiya koeffitsientlari matritsasi tuzilib uni determinanti hisoblanadi. Uchta o'zgaruvchili regressiya tenglamasi uchun

$$\text{Det}|R| = \begin{vmatrix} R_{x_1 x_1} & R_{x_2 x_1} & R_{x_3 x_1} \\ R_{x_1 x_2} & R_{x_2 x_2} & R_{x_3 x_2} \\ R_{x_3 x_1} & R_{x_3 x_2} & R_{x_3 x_3} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} = 1,$$

bo'lsa, ya'ni birga qancha yaqin bo'lsa o'zgaruvchi omillarning multikollinearlik darajasi shunchalik past bo'ladi, aksincha

$$Det|R| = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix} = 0,$$

bo'lgan holatda omillararo korrelyatsiya kuchli, multikollenearlik darajasi yuqori bo'lib, regressiya tenglamasining ishonchlilik darajasi past deb hisobdanadi.

Ko'p omilli regressiya tenglamalari parametrlarining qiymatlarini hisoblash uchun EKKU qo'llaniladi. Buning uchun qoldiq dispersiya *gomoskedastik* bo'lishi talab etiladi, ya'ni x_j omilning har bir qiymati uchun qoldiq ε_i bir hil dispersiyaga ega bo'lishi kerak. Agar mazkur shart bajarilmasa qoldiq dispersiya geteroskedastik bo'ladi, ya'ni qoldiq dispersiyalar o'zaro teng bo'lmaydi:

$$\sigma_{\varepsilon_i}^2 \neq \sigma_{\varepsilon_j}^2 \neq \sigma^2, \quad j \neq i.$$

Ko'p omilli regressiya tenglamasiga erkli o'zgaruvchi sifatida sifat ko'rsatkichlari kiritilishi mumkin (masala.n: kasb, jins, ma'lumot, ob-havo sharoiti va x.k). Regression modelga bu kabi o'zgaruvchilarini kiritish uchun ularni tartiblab biror qiymat berilishi kerak, ya'ni sifat o'zgaruvchilari miqdor o'zgaruvchilarga aylantiriladi. Bunday ko'rinishdagi almashtirilgan o'zgaruvchilar ekonometrikada "*sohta(fiktiv) o'zgaruvchilar*" deb nomlanadi.

Masala.n, modelga "ma'lumot" iborasi sohta o'zgaruvchi kiritilayotgan bo'lsa, uni quyidagicha belgilash mumkin:

$$z = \begin{cases} 1 - \text{oliy ma'lumotli} \\ 0 - \text{o'rta maxsus ma'lumotli} \end{cases}$$

Sohta o'zgaruvchilarning ta'sirini ahamiyatligi haqidagi xulosani Ctyudent t-kriteriyasidan foydalanib chiqarish mumkin.

1.2. Namunaviy misollar yechish

1-misol.

Shahardagi 30 ta oila bo'yicha jon boshiga kunlik o'rtacha daromad(y), bitta ishlovchining o'rtacha kunlik ish haqi(x_1) va ishsizlarning o'rtacha yoshi(x_2) haqida ma'lumotlar berilgan(2.1-jadval).

2.1-jadval

Belgilar	O'rtacha qiymat	O'rtacha kvadratik chetlanish	Chiziqli juft korrelyatsiya koeffitsienti
Jon boshiga kunlik o'rtacha daromad, ming so'm, y	86,8	11,44	-
Bitta ishlovchining o'rtacha kunlik ish haqi, ming so'm, x_1	54,9	5,86	$r_{yx_1} = 0,8405$
Ishsizlarning o'rtacha yoshi, yosh, x_2	33,5	0,58	$r_{yx_2} = -0,2101$ $r_{x_1x_2} = -0,1160$

Topshiriq:

1. Standartlashtirilgan va oddiy shakldagi ko‘pomilli regressiya tenglamasini tuzing; xususiy elastiklik koeffitsientini hisoblang, ularni β_1 va β_2 bilan taqqoslang, ular orasidagi farqni tushuntiring.
2. Chiziqli xususiy korrelyatsiya koeffitsientini va ko‘p omilli korrelyatsiya koeffitsientini hisoblang, ularni juft korrelyatsiya koeffitsienti bilan taqqoslang va oralaridagi farqni tushuntiring.
3. Fisherning umumiy va xususiy F-kriteriyasini hisoblang.

Yechish

y ning x_1 va x_2 omil belgilar bilan chiziqli ko‘p omilli regressiya tenglamasi $y = a + b_1x_1 + b_2x_2$ ko‘rinishga ega. Uning parametrlarini hisoblash uchun o‘zgaruvchilarni standartlashtirish usulidan foydalanamiz va tuzilishi kerak bo‘lgan tenglamani standartlashtirilgan masshtabda yozamiz:

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

β_1, β_2 –koeffitsientlarning qiymatlarini quyidagi formulalar bilan hisoblaymiz:

$$\beta_1 = \frac{r_{yx_1} - r_{yx_2} \cdot r_{x_1x_2}}{1 - r_{x_1x_2}^2} = \frac{0,8405 - 0,2101 \cdot 0,116}{1 - 0,116^2} = \frac{0,8161}{0,9865} = 0,8273.$$

$$\beta_2 = \frac{r_{yx_2} - r_{yx_1} \cdot r_{x_1x_2}}{1 - r_{x_1x_2}^2} = \frac{-0,2101 + 0,8425 \cdot 0,116}{1 - 0,116^2} = \frac{-0,1126}{0,9865} = -0,1141.$$

Koeffitsientlarning qiymatlarini o‘rinlariga qo‘yib quyidagi tenglamani olamiz:

$$t_y = 0,8273t_{x_1} + 0,1141t_{x_2}.$$

Oddiy shakldagi tenglamani tuzish uchun b_1 va b_2 parametrlarni hisoblash uchun β_i dan b_i ga o‘tkazadigan formuladan foydalanamiz:

$$\beta_i = b_i \frac{\sigma_{x_i}}{\sigma_y}; \quad b_i = \beta_i \frac{\sigma_y}{\sigma_{x_i}}.$$

$$b_1 = 0,8273 \frac{11,44}{5,86} = 1,6151; \quad b_2 = -0,1141 \frac{11,44}{5,80} = -2,2505.$$

a parametrning qiymatini hisoblaymiz:

$$a = \bar{y} - b_1\bar{x}_1 - b_2\bar{x}_2 = 86,8 - 1,6151 \cdot 54,9 + 2,2505 \cdot 33,5 = -73,52.$$

Yuqoridagilardan foydalanib oddiy ko‘rinishdagi regressiya tenglamasini yozamiz:

$$y_{x_1x_2} = -73,52 + 1,62x_1 - 2,25x_2$$

x_1 va x_2 o‘zgaruvchilarning y ga nisbiy ta’sir kuchini tavsiflash uchun o‘rtacha elastiklik koeffitsientini hisoblaymiz:

$$\bar{E}_{yx_j} = \bar{b}_j \frac{\bar{x}_j}{\bar{y}}$$

$$\bar{E}_{yx_1} = 1,62 \frac{54,9}{86,8} = 1,03\%, \quad \bar{E}_{yx_2} = -2,25 \frac{33,5}{86,8} = -0,87\%.$$

O'rtacha ish haqi (x_1) 1 %ga o'zgarishi bilan jon boshiga o'rtacha daromadni (y) o'zining o'rtacha darajasiga nisbatan 1,03 %ga ko'payishiga olib keladi; ishsizlarning o'rtacha yoshi (x_2) 1 yoshga o'sganda jon boshiga o'rtacha daromad o'zining o'rtacha darajasidan 0,87 %ga kamayadi.

Ko'rinib turibdiki o'rtacha ish haqining jon boshiga o'rtacha daromadga ta'sir kuchi, ishsizlarning o'rtacha yoshini ta'sir kuchiga nisbatan katta ekan.

Bog'lanish kuchi haqidagi xuddi shunday xulosaga β_1 va β_2 lar qiymatlarining modullarini taqqoslash natijasida ham kelimiz:

$$|\beta_1| = |0,8273| > |\beta_2| = |-0,1141|.$$

\bar{E}_{yx_j} va β_i larni taqqoslashda olingan natijaga omillarning ta'sir kuchlaridagi farqlanishni quyidagicha tushunish kerak: elastiklik koeffitsienti o'rtachalarning nisbatidan kelib chiqadi, ya'ni $\bar{E}_{yx_j} = \bar{b}_j \frac{\bar{x}_j}{\bar{y}}$,

β_i - koeffitsientlar esa o'rtacha kvadratik chetlanishlar nisbatidan kelib chiqadi

3. Chiziqli xususiy korrelyatsiya koeffitsientlari rekkurent formulalar yordamida hisoblanadi:

$$r_{yx_1x_2} = \frac{r_{yx_1} - r_{yx_2}r_{x_1x_2}}{\sqrt{(1 - r_{yx_2}^2) \cdot (1 - r_{x_1x_2}^2)}} = \frac{0,8405 - 0,2101 \cdot 0,116}{\sqrt{(1 - 0,2101^2)(1 - 0,116^2)}} = 0,8404,$$

$$r_{yx_2x_1} = \frac{r_{yx_2} - r_{yx_1}r_{x_1x_2}}{\sqrt{(1 - r_{yx_1}^2) \cdot (1 - r_{x_1x_2}^2)}} = \frac{-0,2101 + 0,8405 \cdot 0,116}{\sqrt{(1 - 0,8405^2)(1 - 0,116^2)}} = -0,2092,$$

$$r_{x_1x_2y} = \frac{r_{x_1x_2} - r_{yx_1}r_{yx_2}}{\sqrt{(1 - r_{yx_1}^2) \cdot (1 - r_{yx_2}^2)}} = \frac{-0,116 + 0,8405 \cdot 0,2101}{\sqrt{(1 - 0,8405^2)(1 - 0,2101^2)}} = 0,1144.$$

Agar juft va xususiy korrelyatsiya koeffitsientlarini taqqoslab ko'rsak omillar orasidagi bog'lanish ($r_{x_1x_2} = -0,116$) kuchsiz bo'lganligi sababli juft va xususiy korrelyatsiyalar bir biridan kam farq qiladi degan xulosaga kelimiz.

Juft va xususiy korrelyatsiya koeffitsientlari asosida olingan xulosalar ustma-ust tushadi:

$$r_{yx_1} = 0,8405; \quad r_{yx_2} = -0,2101; \quad r_{x_1x_2} = 0,1160;$$

$$r_{yx_1x_2} = 0,8404; \quad r_{yx_2x_1} = -0,2092; \quad r_{x_1x_2y} = 0,1144.$$

r_{yx_j} va β_j koeffitsientlarni qo'llab chiziqli ko'p omilli korrelyatsiya koeffitsientini hisoblaymiz:

$$R_{yx_1x_2} = \sqrt{r_{yx_1} \cdot \beta_1 + r_{yx_2} \cdot \beta_2} = \sqrt{0,8405 \cdot 0,8273 + 0,2101 \cdot 0,1141}$$

$$= \sqrt{0,7193} = 0,8481.$$

y ning x_1 va x_2 omillarga bog'liqligi yuqori deb baholanadi, jon boshiga o'rtacha daromadning 72% variatsiyasi modelda hisobga olingan omillar: o'rtacha ish haqi va ishsizlarning o'rtacha yoshi variatsiyasi bilan tavsiflanadi. Modelga kiritilmagan boshqa omillar u ning umumiy variatsiyasining 28%ni tashkil etadi.

3. Umumiy F–kriteriya regressiya tenglamasining va bog'lanish zichligi ko'rsatkichi ($R^2 = 0$)ning statistik ahamiyatliligi haqidagi H_0 gipotezani tekshiradi:

$$F_{\text{haq}} = \frac{R_{x_1x_2}^2}{1 - R_{yx_1x_2}^2} \cdot \frac{m}{n - m - 1} = \frac{R_{x_1x_2}^2}{1 - R_{yx_1x_2}^2} \cdot \frac{n - m - 1}{m} = \frac{0,7193}{0,2807} \cdot \frac{27}{2} = 34,6;$$

$$F_{\text{jadv}} = 3,4; \quad \alpha = 0,05.$$

F_{jadv} va F_{haq} larni taqqoslaganda, $F_{\text{jadv}} = 3,4 < F_{\text{haq}} = 34,6$ bo'lganligi sababli H_0 gipotezani rad etish kerak degan xulosaga kelimiz. $1 - \alpha = 0,95$ ehtimollik bilan tenglamani va haqiqatda x_1 va x_2 omillarni ta'siri natijasida hosil bo'lgan bog'lanish zichligi ko'rsatkichi $R_{yx_1x_2}$ ni statistik ma'nodorligi haqida xulosa qilamiz.

F_{x_1} va F_{x_2} xususiy F-kriteriya x_1 va x_2 omillarni ko'p omilli regressiya tenglamasida ishtirokini statistik ahamiyatliligini va bir omilni ikkinchi omildan so'ng tenglamaga kiritish maqsadga muvofiqligini baholaydi, ya'ni F_{x_1} x_1 omilni modelga x_2 omil kiritilgandan so'ng tenglamaga kiritish maqsadga muvofiqligini baholaydi. Mos ravishda F_{x_2} x_2 omilni modelga x_1 omil kiritilgandan so'ng kiritish maqsadga muvofiqligini ko'rsatadi.

$$F_{x_1\text{haq}} = \frac{R_{yx_1x_2}^2 - r_{yx_2}^2}{1 - R_{yx_1x_2}^2} \cdot \frac{n - m - 1}{1} = \frac{0,8481^2 - 0,2101^2}{1 - 0,8481^2} \cdot \frac{30 - 2 - 1}{1} = 64,9.$$

$$F_{\text{jadv}} = 4,21; \quad \alpha = 0,05.$$

F_{jadv} va F_{haq} larni taqqoslab, $F_{\text{jadv}} = 3,4 < F_{x_1\text{haq}} = 64,9$ bo'lganligi sababli x_1 omilni modelga x_2 omildan so'ng kiritish kerak degan xulosaga kelimiz. R_y^2 ni x_1 omilni qo'shimcha kiritish hisobiga o'sib borishi muhim emasligi haqidagi H_0 gipotezani rad etamiz va x_1 omilni x_2 omildan so'ng kiritish maqsadga muvofiqligi statistik ma'qullanganligi haqidagi xuloaga kelimiz. x_2 omilni x_1 omildan so'ng modelga kiritish maqsadga muvofiqligini F_{x_2} tekshiradi.

$$F_{x_2\text{haq}} = \frac{R_{yx_1x_2}^2 - r_{yx_1}^2}{1 - R_{yx_1x_2}^2} \cdot \frac{n - m - 1}{1} = \frac{0,8481^2 - 0,8405^2}{1 - 0,8481^2} \cdot \frac{30 - 2 - 1}{1} = 1,234.$$

$F_{x_2\text{haq}}$ ning qiymatini kichikligi x_2 omilni modelga x_1 omildan so'ng kiritilishi hisobiga $r_{yx_1}^2$ ning o'sishi statistik ma'noga ega emasligini ko'rsatadi. Bundan kelib chiqqan holda, x_2 omil(ishsizlarning o'rtacha yoshi)ni modelga kiritish maqsadga muvofiq emasligi haqidagi H_0 gipoteza tasdiqlanadi. Bu esa o'rtacha daromadni o'rtacha ish haqiga bog'lanishini ifodalovchi juft regressiya modeli etarlicha statistik ma'noga ega, ishonchli va uni x_2 -ishsizlarning o'rtacha yoshi omilini kiritib yanada yaxshilashni zaruriyati yo'qligini ko'rsatadi.

1.3. Mustaqil yechish uchun masalalar

1-masala.

Quyidagi jadvalda berilan ma'lumotlar asosida hududdagi 20ta korxonada bo'yicha maxsulot ishlab chiqarishning bir ishchiga to'g'ri keladigan hajmini (y , ming so'm) yangi kiritilgan asosiy fondlarga (x_1 , -yil oxiridagi fond qiymatidan %) va ishchilarning umumiy sonidagi yuqori malakali ishchilarning salmog'iga (x_2 , %) bog'liqligi o'rganilgan.

2.5-jadval

Korxonalar raqami	y	x_1	x_2	Korxonalar raqami	y	x_1	x_2
1	7,0	3,9	10,0	11	9,0	6,0	21,0
2	7,0	3,9	14,0	12	11,0	6,4	22,0
3	7,0	3,7	15,0	13	9,0	6,8	22,0
4	7,0	4,0	16,0	14	11,0	7,2	25,0
5	7,0	3,8	17,0	15	12,0	8,0	28,0
6	7,0	4,8	19,0	16	12,0	8,2	29,0
7	8,0	5,4	19,0	17	12,0	8,1	30,0
8	8,0	4,4	20,0	18	12,0	8,5	31,0
9	8,0	5,3	20,0	19	14,0	9,6	32,0
10	10,0	6,8	20,0	20	14,0	9,0	36,0

Topshiriq:

1. Har bir belgining varitsiya ko'rsatkichlarini baholang va ularni o'rganish uchun EKKUni qo'llash mumkinligi haqida xulosa qiling.
2. Chiziqli juft korrelyatsiya va xususiy korrelyatsiya koeffitsientlarini tahlil qiling.
3. Ko'p omilli regressiya tenglamasini yozing, uning parametrlarini ahamiyatligini va iqtisodiy ma'nosini baholang.
4. *Regressiya tenglamasini va $R_{yx_1x_2}^2$ ning statisik ishonchliligini Fisher F-kriteriyasi yordamida baholang. Tuzatilgan va tuzatilmagan ko'p omilli chiziqli determinatsiya koeffitsientlarining qiymatlarini taqqoslang.*
5. Fisherning F-kriteriyasi yordamida x_1 omilni x_2 omildan va x_2 omilni x_1 omildan so'ng kiritilishini maqsadga muvofiqligini baholang.
6. O'rtacha xususiy elastiklik koeffitsientlarini hisoblang va ular asosida omillarni natijaga ta'sir kuchini qiyosiy baholang

2-masala.

19ta ulgurji savdo korxonalari bo'yicha sotilgan mahsulot hajmi(y)ni savdo maydoni o'lchami(x_1) va tovar zaxiralari(x_2)ga bog'liqligi o'rganilgan va regressiya tenglamasining quyidagi variantlari olingan:

1.	$y = 25 + 15x_1$	$r^2 = 0,90;$
2.	$y = 42 + 27x_2$	$r^2 = 0,84;$
3.	$y = 30 + 10x_1 + 8x_2$ (2,5) (4,0)	$R^2 = 0,92;$
4.	$y = 21 + 14x_1 + 20x_2 + 0,6x_2^2$ (5,0) (12,0) (0,2)	$R^2 = 0,95;$

qavs ichida regressiya koeffitsientlari uchun standart xatoliklarning qiymatlari berilgan.

Topshiriq:

1. Natijani har bir omil bilan bog'lanish kuchini tahlil qiling.
2. Eng ma'qul regressiya tenglamasini tanlang, olingan natijalarni asoslab bering.

3-masala.

20ta engil sanoat korxonalari bo'yicha ishlab chiqarilgan mahsulot hajmi (y, mlrd. so'm)ni yil davomida ishlangan kishi-soat (x_1 , ming kishi) va ishlab chiqarish uskunalari (x_2 , mlrd. so'm)ning o'rtacha yillik qiymatiga bog'liqligi o'rganilgan va quyidagi natijalar olingan:

Regressiya tenglamasi:	$-y = 35 + 0,06x_1 + 2,5x_2$
Ko'p omilli korrelyatsiya koeffitsienti:	- 0,9
Natijaning hisoblangan qiymatlarini haqiqiy qiymatlaridan farqining kvadratlari yig'indisi:	-3000

Topshiriq:

1. Yuqoridagi modelda determinatsiya koeffitsientini aniqlang.
2. Dispersion taxlil natijalari jadvalini tuzing.
3. Olingan regression tahlil natijalarini tavsiflab bering.

7-AMALIY TOPSHIRIQ

Mavzu: Regressiyaning xususiy tenglamasi

Uslubiy korsatma

1.1. Nazariy qism.

Juft regressiyadan regressiyaning xususiy tenglamasini farqi shundan iboratki, u omillarni natijaga alohida –alohida ta'sirini tavsiflaydi, chunki bir omilni ta'sirini o'rganilayotganda qolganlari o'zgarmas holda ushlab turiladi. Qolgan omillarni ta'sir darajasi ko'p omilli regressiya tenglamasining ozod hadida hisobga olinadi. Bunday holat regressiyaning xususiy tenglamasi asosida

elastiklikning xususiy koeffitsientini aniqlash imkonini beradi, u quyidagicha ifodalanadi:

$$\partial_{y_{x_i}} = b_i \frac{x_i}{y_{x_1 x_2 \dots x_{i-1} x_{i+1} x_p}},$$

bu yerda: b_i - qo'p omilli regressiya tenglamasida x_i omil uchun regressiya koeffitsienti;

$\hat{y}_{x_1 x_2 \dots x_{i-1} x_{i+1} x_p}$ - regressiyaning xususiy tenglamasi.

1.2. Namunaviy misollar yechish

2-misol.

Quyidagi model o'rganilayotgan bo'lsin:

$$\begin{cases} y = a_1 + b_1(C + D) + \varepsilon_1, \\ C = a_2 + b_2 \cdot y + b_3 \cdot y_{-1} + \varepsilon_2. \end{cases}$$

bu yerda: y – yalpi milliy daromad; y_{-1} – avvalgi yilgi yalpi milliy daromad;

C – shahsiy ist'mol; D – talab; ε_1 va ε_2 – tasodifiy miqdorlar.

Quyidagi jadvalda ko'rsatkichlarning to'qqiz yillik o'sish sur'atlari haqidagi ma'lumotlar berilgan (3.1-jadval):

3.1-jadval

Yillar	D	y_{-1}	y	C	Yillar	D	y_{-1}	y	C
1	-6,8	46,7	3,1	7,4	6	44,7	17,8	37,2	8,6
2	22,4	3,1	22,8	30,4	7	23,1	37,2	35,7	30,0
3	-17,3	22,8	7,8	1,3	8	51,2	35,7	46,6	31,4
4	12,0	7,8	21,4	8,7	9	32,3	46,6	56,0	39,1
5	5,9	21,4	17,8	25,8	Σ	167,5	239,1	248,4	182,7

O'rganilayotgan model uchun quyidagi keltirilgan tenglamalar sistemasi – MKSh tuzilgan:

$$\begin{cases} y = 8,219 + 0,6688 \cdot D + 0,2610 \cdot y_{-1}, \\ C = 8,636 + 0,3384 \cdot D + 0,2020 \cdot y_{-1}. \end{cases}$$

Topshiriq:

MTShning birinchi tenglamasini parametrlarini hisoblang.

Yechish

MTShning parametrlarini aniqlash uchun ikki qadamli eng kichik kvadratlar usulini qo'llaymiz.

Birinchi qadam

MKShning ikkinchi tenglamasidan C endogen o'zgaruvchini nazariy qiymatlarini aniqlaymiz. Buning uchun

$$C = 8,636 + 0,3384 \cdot D + 0,2020 \cdot y_{-1}.$$

keltirilgan tenglamaga D va y_{-1} parametrlarining jadvaldagi qiymatlarini qo‘yib S parametrning quyidagi nazariy qiymatlarini olamiz:

$$\hat{C}_1 = 15,8; \hat{C}_2 = 16,8; \hat{C}_3 = 7,4; \hat{C}_4 = 14,3; \hat{C}_5 = 15,0; \hat{C}_6 = 27,4; \hat{C}_7 = 24,0; \\ \hat{C}_8 = 33,2; \hat{C}_9 = 29,0.$$

Ikkinchi qadam

MTShda C parametrning haqiqiy qiymatlarini nazariy qiymatlariga almashtiramiz va $\hat{C} + D$ ning yangi qiymatlarini hisoblab jadvalga joylashtiramiz.

Yillar	D	\hat{C}	$\hat{C} + D$	Yillar	D	\hat{C}	$\hat{C} + D$
1	-6,8	15,8	9,0	6	44,7	27,4	72,1
2	22,4	16,8	39,2	7	23,1	24,0	47,1
3	-17,3	7,4	-9,9	8	51,2	33,2	84,4
4	12,0	14,3	26,3	9	32,3	29,0	61,3
5	5,9	15,0	20,9	Σ	167,5	182,9	350,4

MTShdagi birinchi tenglamaga eng kichik kvadratlar usulini qo‘llaymiz. $\hat{C} + D$ yangi o‘zgaruvchini Z deb belgilab, $y = a_1 + b_1 \cdot Z$ chiziqli tenglamasini echamiz.

Bu tenglama uchun normal tenglamalar sistemasi:

$$\begin{cases} \sum y = n \cdot a_1 + b_1 \sum Z, \\ \sum y \cdot z = a_1 \cdot \sum Z + b_1 \cdot \sum Z^2. \end{cases}$$

Ushbu normal tenglamalar tizimiga jadvaldagi qiymatlarni qo‘yamiz.

$$\begin{cases} 248,8 = 9 \cdot a_1 + 350,4 \cdot b_1, \\ 13508,7 = 350,4 \cdot a_1 + 21142,0 \cdot b_1. \end{cases}$$

Bundan $a_1=7,678$; $b_1 =0,512$ ekanligi kelib chiqadi. Shunday qilib MTShning quyidagi birinchi tenglamasini olamiz:

$$y = 7,678 + 0,512 \cdot (\hat{C} + D).$$

1.3. Mustaqil yechish uchun masalalar

1 -masala.

Pul bozorining tuzilmaviy modeli berilgan:

$$\begin{cases} R_t = a_1 + b_{11} \cdot M_t + b_{12} \cdot Y_t + \varepsilon_t, \\ Y_t = a_2 + b_{21} \cdot R_t + b_{22} \cdot I_t + \varepsilon_t. \end{cases}$$

bu yerda: R –foiz stavkasi;

Y –YaIM;

M –pul massasi;

I –ichki investitsiya;

t –joriy yil.

Topshiriq:

Modelning keltirilgan shaklini tuzing va tuzilmaviy shakli parametrlarini aniqlang.

2 - masala.

Quyidagi makroiqtisodiy model berilgan:

$$\begin{cases} C_t = a_1 + b_{12} \cdot Y_t + b_{13} \cdot T_t + \varepsilon_1, \\ I_t = a_2 + b_{21} \cdot Y_t + b_{24} \cdot K_{t-1} + \varepsilon_2, \\ Y_t = C_t + I_t. \end{cases}$$

bu yerda: C –ist'mol;

I –investitsiya;

Y –daromad;

T –soliqq;

K -kapital g'amlamasi;

t –joriy yil;

t-1 –avvalgi yil.

Topshiriq:

Modelning keltirilgan shaklini tuzing va tuzilmaviy shakli parametrlarini aniqlang.

3 -masala.

Keyns modelining bir ko'rinishi berilgan bo'lsin:

$$\begin{cases} C_t = a_1 + b_{11} \cdot Y_t + b_{12} \cdot Y_{t-1} + \varepsilon_{1t}, \\ I_t = a_2 + b_{21} \cdot Y_t + \varepsilon_{2t}, \\ Y_t = C_t + I_t + G_t. \end{cases}$$

bu yerda: C –ist'emol;

I –yalpi investitsiya;

Y –YaIM;

G -kapital g'amlamasi;

t –joriy yil;

t-1 –avvalgi yil.

Topshiriq:

Modelning keltirilgan shaklini tuzing va tuzilmaviy shakli parametrlarini aniqlang.

8-AMALIY TOPSHIRIQ**Mavzu: Ekonometrik modellarni baholash****Uslubiy korsatma****1.1. Nazariy qism.**

Identifikatsiya qilish bosqichidan keyin qo'yidagi savollar tug'iladi:
Tuzilgan modeli maqsadga muvofiqmi, ya'ni uning prognozlash va imitatsion

hisoblar uchun ishlatilishi kutilayotgan natijalar haqiqatga adekvatli natijalarni beradimi. Tuzilgan modelga asoslangan prognozlash va imitatsion hisoblarning aniqligi nimadan iborat? Ushbu savollarga javob olish ekonometrik modelning verifikatsiya muammosi mazmunidir. Verifikatsiya usullari gipotezalarning statistik tekshiruv va statistik baholashning turli usullarining aniqlik xususiyatlarini statistik tahlil qilishga asoslangan. Bu, shuningdek, ekonometrik modellarda qo'llaniladigan verifikatsiya bosqichida retrospektiv hisoblash tamoyilini ta'kidlash lozim. Tamoyilini mohiyati bo'yicha dastlabki statistik ma'lumotlar ikki qismga bo'linadi: haqiqiy, ma'lumotlar qoldig'ini tashkil topgan kuzatuvlar va ko'riklar namunadagi ba'zi tashkil topgan ta'lim majmui: Bundan tashqari qadamlar ta'lim namuna uchun spetsifikatsiya va identifikatsiya amalga oshiriladi. Olingan model misol ekzogen o'zgaruvchilarni barpo etilgan va (ilgari orqaga) endogen o'zgaruvchilarni olingan model qadriyatlarini o'rganib etiladi. ko'rib chiqish namunasi haqiqiy qadriyatlar bilan mos keladigan model bilan ushbu qadriyatlar solishtirish model topilmalar haqiqatga va aniqlik malakasi tahlil qilish bizga beradi.

Tahlil qilinayotgan qatorlar dinamikasi har doim anchagina uzunroq qatorlarning tanlamasi hisoblanadi. Shuning uchun korrelyatsion-regression tahlil asosida olingan ekonometrik modellarning ishonchliligini har tomonlama tekshirish va baholash lozim. Tuzilgan ekonometrik ahamiyatlili, ishonchliligi va keyinchalik bashoratlashda qo'llash mumkinligi quyidagi mezonlar asosida baholanadi: 1. Ekonometrik modellarni ahamiyatini Fisher mezoni va approksimatsiya xatoligi yordamida baholash. 2. Ekonometrik modellar sifatini ko'p omilli korrelyatsiya koeffitsienti va determinatsiya koeffitsienti yordamida baholash. 3. Ekonometrik model parametrlarini Styudent mezoni yordamida baholash. 4. Qatorlarda qoldiq avtokorrelyatsiyani Darbin-Uotson mezoni bo'yicha baholash.

1.2. Namunaviy misollar yechish.

Jadvalda ma'lum bir vaqt oralig'i uchun sanoatning uchta tarmog'i balansining ma'lumotlarini keltirilgan:

6.2-jadval

№	Tarmoq	Iste'mol			Yakuniy mahsulot	Yalpi ishlab chiqarish
		1	2	3		
1	Paxta etishtirish va qayta ishlash	5	35	20	40	100
2	Energetika	10	10	20	60	100
3	Mashinasozlik	20	10	10	10	50

Topshiriq:

Agar tarmoqlar bo'yicha yakuniy iste'mol mos ravishda 60, 70 va 30 shartli pul birligigacha ko'paytirilsa, xarajatlar koeffitsientlari matritsasi o'zgarmagan holda har bir mahsulot turi bo'yicha yalpi ishlab chiqarish hajmi topilsin.

Yechish.

Yalpi ishlab chiqarish va yakuniy iste'mol vektorlarini hamda bevosita xarajatlar koeffitsientlari matritsasini yozamiz:

$$\bar{x} = \begin{pmatrix} 100 \\ 100 \\ 50 \end{pmatrix}, \quad \bar{y} = \begin{pmatrix} 40 \\ 60 \\ 10 \end{pmatrix}, \quad A = \begin{pmatrix} 0,05 & 0,35 & 0,40 \\ 0,10 & 0,10 & 0,40 \\ 0,20 & 0,10 & 0,20 \end{pmatrix}.$$

A matritsa samaradorlikning mezonini qanoatlantiradi. Yakuniy iste'molning berilgan hajmda ko'payishida yakuniy iste'molning yangi vektori

$$\bar{y}_* = \begin{pmatrix} 60 \\ 70 \\ 30 \end{pmatrix}$$

ko'rinishga ega bo'ladi.

Balans munosabatlarini qanoatlantiruvchi yangi yalpi ishlab chiqarish vektori \bar{x}_* ni A matritsa o'zgarmaydi degan taxminda topish talab qilingan. Bu holda noma'lum \bar{x}_* vektorning x_1, x_2, x_3 komponentalari matritsa shaklida

$$\bar{x}_* = A \bar{x}_* + \bar{y}_* \quad \text{yoki} \quad (E - A) \bar{x}_* = \bar{y}_*$$

ko'rinishda bo'lgan tenglamalar sistemasidan topiladi.

Bu sistemaning matritsasi

$$E - A = \begin{pmatrix} 0,95 & -0,35 & -0,40 \\ -0,10 & 0,90 & -0,40 \\ -0,20 & -0,10 & 0,80 \end{pmatrix}$$

ko'rinishga ega bo'ladi.

Chiziqli tenglamalar sistemasining o'ng tomoni berilgan holatda yechish, yangi \bar{x}_* vektorni tarmoqlararo balans tenglamalarining echimini beradi:

$$\bar{x}_* = \begin{pmatrix} 152,1 \\ 135,8 \\ 92,5 \end{pmatrix}.$$

Shunday qilib, yakuniy iste'mol vektori komponentalarining berilgan hajmda ko'payishini ta'minlash uchun mos yalpi ishlab chiqarishlarni oshirish zarur: 6.2-jadvalda ko'rsatilgan dastlabki ma'lumotlarga nisbatan paxta etishtirish va qayta ishlashni 52,1 % ga, energetika darajasini 35,8 % ga va mashinasozlikda ishlab chiqarishni 41,5 % ga oshirish zarur.

1.3. Mustaqil ishlash uchun masalalar

1-masala.

Korxonada to'rtta tarmoqdan iborat bo'lib: ishlab chiqarish vektori va to'g'ri harajatlar koeffitsientlari matritsasi quyidagicha bo'lsin:

$$\bar{x} = \begin{pmatrix} 400 \\ 300 \\ 250 \\ 300 \end{pmatrix}, \quad A = \begin{pmatrix} 0,25 & 0,10 & 0,24 & 0,25 \\ 0,20 & 0,15 & 0,36 & 0,17 \\ 0,15 & 0,20 & 0,20 & 0,15 \\ 0,30 & 0,15 & 0,20 & 0,15 \end{pmatrix}.$$

Topshiriq:

Tarmoqdan tashqarida foydalanish uchun mo'ljallangan yakuniy istemol hajmi vektorini toping.

2-masala.

Korxonada uch turdagi xom ashyodan uch turdagi mahsulot ishlab chiqaradi, ishlab chiqarish ko'rsatkichlari jadvalda keltirilgan.

6.3-jadval

Xom ashyo turlari	Mahsulot turi bo'yicha xom ashyo harajatlari, og'irligi. mahsulot/birligi.			Xom ashyo zahirasi, og'irlik. birligi
	1	2	3	
1	5	12	7	2350
2	10	6	8	2060
3	9	11	4	2270

Topshiriq:

Berilgan xom ashyo zahirasidan foydalanib har bir turdagi mahsulot ishlab chiqarish hajmini toping.

3-masala.

2-masala. shartlarida, tarmoqlar bo'yicha xom ashyo zahirasi (yakuniy istimol) mos ravishda 30, 10 va 50 foizga orttirilganda har bir tarmoq bo'yicha yalpi ishlab chiqarish hajmi o'sishini aniqlang. Masalani teskari matritsa usuli va Gauss metodi bilan eching.

9-AMALIY TOPSHIRIQ

Mavzu: Vaqtli qatorlar

Uslubiy korsatma

1.1. Nazariy qism.

Iqtisodiyot dinamikasi modellarini tuzishda vaqt uzluksiz yoki diskret deb qaralishi mumkin. Vaqt uzluksiz holda olinganda modellashtirish uchun differentsial hisobi apparati va differentsial tenglamalar qo'llanadi. Vaqt diskret holda olinganda modellashtirish uchun chekli ayirmali tenglamalar apparati qo'llaniladi.

Diskret yondashuv asosida amalga oshiriladigan makroiqtisodiyot dinamikasi modelida diskret va uzluksiz dinamik modellashtirishning sodda apparatini namoyish etish, makroiqtisodiyot dinamikasining muhim kategoriya va muammolarini tasvirlash qulay.

1.2. Namunaviy misollar yechish

1-misol.

Vaqt bo'yicha kechikish taklif funksiyasida emas talab funksiyasida qatnashgan bo'lsin:

$$D_t = A - Bp_{t-1}; S_t = C + Ep_t; D_t = S_t$$

Topshiriq:

1. Muvozanat nuqtaga intilish sharti qanday bo'ladi?
2. Ushbu jarayonni grafik ko'rinishda tasvirlang.

Yechish

Vaqt bo'yicha kechikish taklif funksiyasida emas talab funksiyasida qatnashgan bo'lsa:

$$D_t = A - Bp_{t-1}; S_t = C + Ep_t; D_t = S_t$$

Bunday tizimning dinamikasini ifodalovchi tenglama quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$D(p_t) = S(p_t) \quad \text{yoki} \quad A - Bp_{t-1} = C + Ep_t$$

p_t ni p_{t-1} orqali ifodalab quyidagi rekkurent munosabatini olamiz.

$$p_t = \frac{A - C}{E} - \frac{B}{E} p_{t-1}$$

Ushbu munosabatni ketma-ket qo'llab quyidagilarni topamiz:

$$p_1 = \frac{A - C}{E} - \frac{B}{E} \cdot p_0; p_2 = \frac{A - C}{E} - \frac{B}{E} \cdot \left(\frac{A - C}{E} - \frac{B}{E} \right) p_0$$

Umumiy holda

$$p_t = \frac{A - C}{E} \cdot \left(1 - \frac{B}{E} + \left(\frac{B}{E} \right)^2 + \dots + (-1)^{t-1} \left(\frac{B}{E} \right)^{t-1} + (-1)^t \left(\frac{B}{E} \right)^t \right) \cdot p_0$$

Bundan ixtiyoriy t vaqtda P_t uchun quyidagiga ega bo'lamiz:

$$p_t = \frac{A - C}{E} \cdot \frac{1 - (-1)^t \left(\frac{B}{E} \right)^t}{1 + \frac{B}{E}} + (-1)^t \left(\frac{B}{E} \right)^t \cdot p_0$$

Endi yuqoridagi $\frac{E}{B}$ ga nisbatan qilingan mulohazani $\frac{B}{E}$ ga nisbatan amalga oshiramiz

1.3. Mustaqil yechish uchun masalalar

1-masala.

$D = 40 - 2p$ talab funksiyasi uchun $p = 4$ bo'lganda narx bo'yicha talab elastikligini toping.

2-masala.

Mahsulotga talab $D(p) = 100 - 3p$ formula bilan aniqlagan bo'lsin. Mahsulot narhi $p = 20$ pul birligi bo'lganda talab elastikligini toping.

3-masala.

Mahsulot tannarxi S va uni ishlab chiqarish hajmi Q orasidagi bog'lanish

$C = 50 - 0,5Q$ formula orqali ifodalan bo'lsin.

Mahsulot ishlab chiqarish hajmi $Q = 30$ pul.birligi bo'lganda tannaraxning elastikligini topish talab etiladi.

10-AMALIY TOPSHIRIQ

Mavzu: Tenglamalar tizimi ko'rinishidagi ekonometrik tahlil

Uslubiy korsatma

1.1. Nazariy qism.

Iqtisodiyotda ikki tarmoq o'z mahsulotlarini ichki va tashqi bozor uchun ishlab chiqarish jarayonida o'zaro tovar ayriboshlash orqali munosabatda bo'lsin. Ya'ni har bir tarmoq o'z mahsulotini ishlab chiqarish uchun ikkinchi tarmoqning mahsulotidan foydalanadi. Iqtisodiyotda yuz beradigan bunday holatlarda har bir tarmoq qancha hajmda mahsulot ishlab chiqarsa ham ichki, ham tashqi bozor talabini qondira oladi, degan masala qaraladi.

Iqtisodiyotda bunday masalalarni hal etish uchun quyidagi tenglamalar sistemasidan iborat *ikki tarmoqli ishlab chiqarish modeli* qo'llaniladi:

$$\begin{cases} x_1 = a_{12}x_2 + b_1 \\ x_2 = a_{21}x_1 + b_2 \end{cases}$$

bu yerda x_1, x_2 - mahsulotlarni ishlab chiqarish rejasi, a_{12}, a_{21}, b_1, b_2 -manfiy bo'lmagan parametrlar. a_{12} - 1 so'mlik ikkinchi mahsulotni ishlab chiqarish uchun birinchi mahsulotning sarfi, a_{21} - 1 so'mlik birinchi mahsulotni ishlab chiqarish uchun ikkinchi mahsulotning sarfi, b_1, b_2 -birinchi va ikkinchi mahsulotlarning tashqi bozorga chiqariladigan qismi.

Tenglamalar sistemasi quyidagi echimga ega:

$$x_1 = \frac{b_1 + a_{12} \cdot b_2}{1 - a_{12} \cdot a_{21}}, \quad x_2 = \frac{b_2 + a_{21} \cdot b_1}{1 - a_{12} \cdot a_{21}}$$

Ushbu echim modelning parametrlari $a_{12} \cdot a_{21} \neq 1$, $a_{12} < 1$, $a_{21} < 1$ shartlarni qanoatlantirgan hollarda yagona bo'ladi.

1.2 Namunaviy misol yechish

Misol.

Birinchi tarmoqda 1mlrd. so'mlik mahsulot ishlab chiqrish uchun ikkinchi tarmoqning 0,3mlrd. so'mlik maxsuloti sarflansin, ikkinchi tarmoqda 1mlrd. so'mlik maxsulot ishlab chiqarish uchun esa birinchi tarmoqning 0,5mlrd so'mlik maxsuloti sarflansin. Shu bilan birga birinchi tarmoq 3mlrd. so'mlik mahsulot, ikkinchi tarmoq esa 5mlrd. so'mlik mahsulotni tashqi bozor uchun ishlab chiqarish rejalashtirilgan bo'lsin.

Topshiriq:

Rejani bajarish uchun har bir tarmoq qanchadan mahsulot ishlab chiqarishi kerakligin aniqlang.

Yechish

Masalaning shartiga ko'ra $b_1=3$ mlrd, $b_2=5$ mlrd. va $a_{12} = 0,5$; $a_{21} = 0,3$; $a_{12} \cdot a_{21} = 0,5 \cdot 0,3 \neq 1$. Berilgan ma'lumotlarni

$$\begin{cases} x_1 = a_{12}x_2 + b_1 \\ x_2 = a_{21}x_1 + b_2 \end{cases}$$

sistemaga qo'yib, quyidagi modeliga ega bo'lamiz:

$$\begin{cases} x_1 = 0,5x_2 + 3 \\ x_2 = 0,3x_1 + 5 \end{cases}$$

Ushbu model parametrlari echimning yagonalik shartlarini qanoatlantiradi. Yagona echim quyidagidan iborat bo'ladi:

$$x_1 = \frac{3 + 0,5 \cdot 5}{1 - 0,5 \cdot 0,3} = 6,47 \text{ mlrd. so'm ,}$$

$$x_2 = \frac{5 + 0,3 \cdot 3}{1 - 0,5 \cdot 0,3} = 6,94 \text{ mlrd. so'm.}$$

Demak birinchi tarmoq korxonasi 6,47mlrd. so'mlik maxsulot ishlab chiqarib, 3mlrd so'mlik maxsulotni tashqi bozorga chiqaradi, 3,47mlrd.so'mlik maxsulotni ichki istemolga sarflaydi. Ikkinchi tarmoq korxonasi 6,94mlrd. so'mlik maxsulot ishlab chiqarib, 5mlrd. so'mlik maxsulotni tashqi bozorga chiqaradi, 1,94mlrd. so'mlik maxsulotni ichki istemol uchun sarflaydi.

1.3. Mustaqil ishlash uchun masalalar

1-masala.

O'zaro hamkorlikda mahsulot ishlab chiqaruvchi firmalardan biri jami 10mlrd. so'mlik mahsulot ishlab chiqarib 5mlrd. so'mlik mahsulotini eksport

qilgan. Ikkinchi firma esa jami 20mlrd. soʻmlik mahsulot ishlab chiqarib 8mlrd. soʻmlik mahsulotini eksport qilgan.

Topshiriq:

Har bir firma rejalashtirgan hajmdagi mahsulotni ishlab chiqarish uchun har 1 mlrd. soʻmlik mahsulot hajmiga ikkinchi firmaning necha soʻmlik mahsulotini isteʼmol qilganligini aniqlang.

2-masala.

1-masala shartida firmalar eksport hajmini ikki barobar oshiradigan boʻlsa, har bir firma ikkinchi firmaning necha soʻmlik mahsulotini isteʼmol qilishi kerak?

3-masala.

Oʻzaro hamkorlikda ikki koʻptarmoqli fermer xoʻjaliklari mos ravishda 15 va 16mln. dollarlik mahsulot ishlab chiqarib oʻz ichki isteʼmolida foydalanish uchun har bir fermer xoʻjaligi 2,5mln. dollarlikdan mahsulot qoldirganlar.

Bir mln.dollarlik mahsulot ishlab chiqarish uchun birinchi fermer xoʻjaligi jami ishlab chiqargan mahsulotining 2 foizi miqdorida ikkinchi fermer xoʻjaligi mahsulotidan, ikkinchi fermer xoʻjaligi esa ishlab chiqargan mahsulotining 3 foizi miqdorida birinchi fermer xoʻjaligi mahsulotidan foydalangan.

Topshiriq

Har bir fermer xoʻjaligi qancha miqdordagi mahsulotini eksport qilgan?

11-AMALIY TOPSHIRIQ

Mavzu: Amaliy ekonometrik modellar

Uslubiy korsatma

1.1. Nazariy qism.

Matritsalar algebrasining elementlaridan foydalanish koʻp iqtisodiy masala.larni echishning asosiy usullaridan biridir. Jumladan, koʻptarmoqli xoʻjalik faoliyatida tarmoqlar orasidagi balansni tuzishda va tarmoqlararo munosabatlarni samaradorligini aniqlashda qoʻllaniladi.

Turli sanoat tarmoqlari bogʻliqligining balans tamoyiliga asosan, i - tarmoq yalpi ishlab chiqarishi ishlab chiqarish va noishlab chiqarish sohasidagi isteʼmol hajmlarining yigʻindisiga teng boʻlishi kerak. Eng sodda holda balans munosabatlari

$$x_i = x_{i1} + x_{i2} + \dots + x_{in} + y_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (6.1.1)$$

koʻrinishga ega.

Bu yerda: x_i — i nchi tarmoq jami mahsulotining hajmi (uning yalpi ishlab chiqarishi); x_{ij} — i nchi tarmoq mahsulotining j nchi tarmoqda x_j hajmdagi mahsulotni ishlab chiqarish uchun sarflanadigan hajmi; y_i — i nchi tarmoq mahsulotining noishlab chiqarish sohasida oʻzlashtirish (isteʼmol) uchun moʻljallangan hajmi, yoki yakuniy isteʼmol mahsuloti. Unga fuqarolarning shaxsiy

iste'moli, ijtimoiy ehtiyojlarni qondirish, davlat institutlarini ta'minlash va hokazolar kiradi.

1.2 Namunaviy misollar yechish

1-misol.

Jadvalda ma'lum bir vaqt oralig'i uchun sanoatning beshta tarmog'i orasidagi balans ma'lumotlari keltirilgan.

Topshiriq:

Yakuniy iste'mol vektori, yalpi ishlab chiqarish vektori va bevosita xarajatlar koeffitsientlari matritsasi topilsin. hamda bu matritsa yuqorida keltirilgan mezonlarga muvofiq samarador ekanligi aniqlansin.

6.1-jadval

Sanoatning beshta tarmog'i orasidagi balans ma'lumotlari

T/r	Tarmoq	Iste'mol					Yakuniy mahsulot	Yalpi ishlab chiqarish, pul bir.
		1	2	3	4	5		
1	Stanoksozlik	15	12	24	23	16	10	100
2	Energetika	10	3	35	15	7	30	100
3	Mashinasozlik	10	5	10	10	10	5	50
4	Avtomobil sanoati	10	5	10	5	5	15	50
5	Paxta etishtirish va qayta ishlash	7	15	15	10	3	50	100

Yechish

Jadvaldagi balansning tarkibiy qismlarini vektor ko'rinishidagi ifodasi:

$$\bar{x} = \begin{pmatrix} 100 \\ 100 \\ 50 \\ 50 \\ 100 \end{pmatrix}, \quad \bar{y} = \begin{pmatrix} 10 \\ 30 \\ 5 \\ 15 \\ 50 \end{pmatrix}, \quad A = \begin{pmatrix} 0,15 & 0,12 & 0,48 & 0,46 & 0,16 \\ 0,10 & 0,03 & 0,70 & 0,30 & 0,07 \\ 0,10 & 0,05 & 0,20 & 0,20 & 0,10 \\ 0,10 & 0,05 & 0,20 & 0,10 & 0,05 \\ 0,07 & 0,15 & 0,30 & 0,20 & 0,03 \end{pmatrix}$$

A matritsaning barcha elementlari musbat, biroq ularning uchinchi va to'rtinchi ustunlardagi yig'indilari birdan katta ekanligini ko'rish qiyin emas. Binobarin, samaradorlik ikkinchi mezonining shartlari bajarilmagan va A matritsa samarador emas. Bu samarador emaslikning iqtisodiy sababi 3- va 4-tarmoqlarning ichki iste'moli ularning yalpi ishlab chiqarishiga nisbatan haddan tashqari katta ekanligidadir.

1.3. Mustaqil ishlash uchun masalalar

1-masala.

Korxonada to'rtta tarmoqdan iborat bo'lib: ishlab chiqarish vektori va to'g'ri harajatlar koeffitsientlari matritsasi quyidagicha bo'lsin:

$$\bar{x} = \begin{pmatrix} 400 \\ 300 \\ 250 \\ 300 \end{pmatrix}, \quad A = \begin{pmatrix} 0,25 & 0,10 & 0,24 & 0,25 \\ 0,20 & 0,15 & 0,36 & 0,17 \\ 0,15 & 0,20 & 0,20 & 0,15 \\ 0,30 & 0,15 & 0,20 & 0,15 \end{pmatrix}.$$

Topshiriq:

Tarmoqdan tashqarida foydalanish uchun mo'ljallangan yakuniy istemol hajmi vektorini toping.

2-masala.

Korxonada uch turdagi xom ashyodan uch turdagi mahsulot ishlab chiqaradi, ishlab chiqarish ko'rsatkichlari jadvalda keltirilgan.

6.3-jadval

Xom ashyo turlari	Mahsulot turi bo'yicha xom ashyo harajatlari, og'irligi. mahsulot/birligi.			Xom ashyo zahirasi, og'irlik. birligi
	1	2	3	
1	5	12	7	2350
2	10	6	8	2060
3	9	11	4	2270

Topshiriq:

Berilgan xom ashyo zahirasidan foydalanib har bir turdagi mahsulot ishlab chiqarish hajmini toping.

3-masala.

2-masala. shartlarida, tarmoqlar bo'yicha xom ashyo zahirasi (yakuniy istimol) mos ravishda 30, 10 va 50 foizga orttirilganda har bir tarmoq bo'yicha yalpi ishlab chiqarish hajmi o'sishini aniqlang. Masalani teskari matritsa usuli va Gauss metodi bilan eching.

12-AMALIY TOPSHIRIQ

Mavzu: Iqtisodiy ko'rsatkichlari prognozlashda ekonometrik modellardan foydalanish

Uslubiy korsatma

1.1. Nazariy qism.

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'rsatkichlardan iborat bo'lib, hisoblash formulalari quyidagi jadvalda keltirilgan.

Ko'rsatkich nomlari	Mutloq qo'shimcha o'sish	O'sish sur'ati	Qo'shimcha o'sish sur'ati
Bazisli	$\Delta Y_t^{\delta} = Y_t - Y_{\delta}$	$T_t^{\delta} = Y_t / Y_{\delta} \cdot 100\%$	$K_t^{\delta} = T_t^{\delta} - 100\%$
Zanjirli	$\Delta Y_t^z = Y_t - Y_{t-1}$	$T_t^z = Y_t / Y_{t-1} \cdot 100\%$	$K_t^z = T_t^z - 100\%$
O'rtacha	$\Delta \bar{Y}_t = (Y_n - Y_1) / (n - 1)$	$\bar{T}_t = \sqrt[n-1]{Y_n / Y_1} \cdot 100\%$	$\bar{K} = \bar{T}_t - 100\%$

Formulalarda Y_1, Y_2, \dots, Y_n dinamik qatorlar darajalari; n —qator uzunligi; Y_{δ} -dinamika qatorida taqqoslash bazasi sifatida olingan daraja.

Bir qadam oldinga prognozlash uchun dinamik qatorning oxirgi darajasiga o'rtacha mutloq qiymatni qo'shimcha o'sishini qo'shish kifoya:

$$\hat{Y}_{n+1} = Y_n + \Delta \bar{Y}$$

bu yerda Y_n - dinamik qator ko'rsatkichining n -nuqtasidagi qiymati; Y_{n+1} — ko'rsatkichning $n+1$ -nuqtadagi prognozlangan qiymati; $\Delta \bar{Y}$ -dinamik qatorning o'rtacha qo'shimcha o'sish qiymati.

i qadam oldinga prognoz qiymatini aniqlash quyidagi formula orqali amalga oshiriladi:

$$\hat{Y}_{n+i} = Y_n \cdot \bar{T}$$

bu yerda \hat{Y}_{n+1} -ko'rsatkichning $n+1$ -nuqtadagi prognoz qiymati, \bar{T} —nisbiy qiymatlarda ifodalangan o'rtacha o'sish sur'ati.

O'rtacha o'sish sur'ati quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$\bar{T} = (y_n / y_1)^{1/(n-1)} \cdot 100\%,$$

1.2 Namunaviy misolar yechish

1-misol.

Quyida 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

Topshiriq:

Ish haqi fondining 6 - oyga prognoz qiymatini aniqlash uchun o'rtacha mutloq qo'shimcha o'sishni qo'llash o'rinli ekanligini asoslang.

Yechish

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 prognoz qiymatini o'rtacha mutloq qo'shima o'sish ($\Delta \hat{Y}$)ni qo'llab aniqlash o'rinli.

$$\Delta \bar{Y} = (Y_5 - Y_1) / (n - 1) = (256,5 - 252) / (5 - 1) = 1,125,$$

$$\hat{Y}_6 = Y_5 + \Delta \bar{Y} = 256,5 + 1,125 = 257,625.$$

1.3. Mustaqil ishlash uchun masalalar

1-masala.

Jadvalda firmaning bir yil uchun oylik savdo hajmi (pul birligida) berilgan.

5.4-jadval

t	y _t	t	y _t	t	y _t	t	y _t
1	70	4	71	7	23	10	73
2	66	5	79	8	82	11	75
3	65	6	76	9	84	12	82

Topshiriq:

t = 5 va t = 7 darajalarning anamalligini tekshiring.

2-masala.

Korxonaning 6 oylari bo'yicha daromad solig'i (mln. so'm) miqdori dinamikasi berilgan.

t	1	2	3	4	5	6
y _t	125,0	126,5	127,6	128,2	129,0	131,1

Topshiriq:

Korxonada daromad solig'ining ettinchi oy uchun prognoz qiymatini qaysi formula bilan (mutloq o'sish, o'sish sur'ati, qo'shimcha o'sish sur'ati) aniqlash mumkinligini asoslang va prognoz qiymatini aniqlang.

3-masala.

Artel firmasida 9 oyda ishlab chiqarilgan va sotilgan televizorlarning soni haqida quyidagi ma'lumotlar mavjud:

Oylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Televizorlar soni, ming dona	9,3	10,0	10,5	10,8	11,3	10,0	12,1	12,8	13,4

Topshiriq:

1. Televizor ishlab chiqarish va sotish haqidagi ma'lumotlardan tuzilgan dinamik qatorda mutloq qo'shimcha o'sishni bazisli, zanjirsimon va o'rtacha ko'rsatkichlarini hisoblang.
2. Hisoblangan ko'rsatkichlar asosida 10-oy uchun prognoz qiymatini aniqlang.
- 3.

13-AMALIY TOPSHIRIQ

Mavzu: Statsionar qatorlar. ARMA modeli

Uslubiy korsatma

1.1. Nazariy qism.

O'sish egri chizig'i modeli dinamik qatorni approksimatsiya qiluvchi funktsiya bilan ifodalanuvchi o'sish egri chiziqlari orqali tuziladi.

O'sish egri chiziqlari sinfiga quyidagi polinomlarini kiritish mumkin:

$$y_t = a_0 + a_1t + a_2t^2 + a_3t^3 + \dots$$

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.

Birinchi darajali polinom $y_t = a_0 + a_1t$ grafikda to'g'ri chiziq ko'rinishida tasvirlanadi va vaqt bo'yicha bir tekisda rivojlanuvchi jarayonlarni ifodalashda foydalaniladi.

Ikkinchi darajali polinom $y_t = a_0 + a_1t + a_2t^2$ grafikda parabola ko'rinishida tasvirlanadi va jarayon rivojlanishi tekis tezlanuvchan bo'lgan hollarda foydalaniladi.

Uchinchi darajali $y_t = a_0 + a_1t + a_2t^2 + a_3t^3$ polinomda qo'shimcha o'sish ishorasi bir yoki ikki marta o'zgarishi mumkin.

Polinomlar parametrlarini aniqlash eng kichik kvadratlar usulida amalga oshiriladi. To'g'ri chiziq koeffitsientlarini aniqlash uchun quyidagi normal tenglamalar sistemasi echiladi:

$$\begin{cases} \sum y_t = a_0n + a_1 \sum t \\ \sum y_t \cdot t = a_0 \sum t + a_1 \sum t^2 \end{cases}$$

Tenglamalar sistemasining koeffitsientlari a_0 va a_1 larni Kramer formulasi bo'yicha hisoblanadi.

1.2 Namunaviy misolar yechish

1-misol.

Quyida 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

Topshiriq:

Ish haqi fondining 6 - oyga prognoz qiymatini aniqlash uchun o'rtacha mutloq qo'shimcha o'sishni qo'llash o'rinli ekanligini asoslang.

Yechish

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 prognoz qiymatini o'rtacha mutloq qo'shima o'sish ($\Delta \hat{Y}$)ni qo'llab aniqlash o'rinli.

$$\Delta \bar{Y} = (Y_5 - Y_1) / (n - 1) = (256,5 - 252) / (5 - 1) = 1,125,$$

$$\hat{Y}_6 = Y_5 + \Delta \bar{Y} = 256,5 + 1,125 = 257,625.$$

1.3. Mustaqil ishlash uchun masalalar

1-masala.

Jadvalda firmaning bir yil uchun oylik savdo hajmi (pul birligida) berilgan.

5.4-jadval

t	y_t	t	y_t	t	y_t	t	y_t
1	70	4	71	7	23	10	73
2	66	5	79	8	82	11	75
3	65	6	76	9	84	12	82

Topshiriq:

$t = 5$ va $t = 7$ darajalarning anamalligini tekshiring.

2-masala.

Korxonaning 6 oylari bo'yicha daromad solig'i (mln. so'm) miqdori dinamikasi berilgan.

t	1	2	3	4	5	6
y_t	125,0	126,5	127,6	128,2	129,0	131,1

Topshiriq:

Korxonada daromad solig'ining ettinchi oy uchun prognoz qiymatini qaysi formula bilan (mutloq o'sish, o'sish sur'ati, qo'shimcha o'sish sur'ati) aniqlash mumkinligini asoslang va prognoz qiymatini aniqlang.

3-masala.

Artel firmasida 9 oyda ishlab chiqarilgan va sotilgan televizorlarning soni haqida quyidagi ma'lumotlar mavjud:

Oylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Televizorlar soni, ming dona	9,3	10,0	10,5	10,8	11,3	10,0	12,1	12,8	13,4

Topshiriq:

- Televizor ishlab chiqarish va sotish haqidagi ma'lumotlardan tuzilgan dinamik qatorda mutloq qo'shimcha o'sishni bazisli, zanjirsimon va o'rtacha ko'rsatkichlarini hisoblang.
- Hisoblangan ko'rsatkichlar asosida 10-oy uchun prognoz qiymatini aniqlang.

14-AMALIY TOPSHIRIQ

Mavzu: Dinamik ekonometrik modellar

Uslubiy korsatma

1.1. Nazariy qism.

Bir ob'ektni ketma-ket momentlar(davrlar)dagi holatini tavsiflovchi qator ma'lumotlari bo'yicha tuzilgan modellar dinamik qatorlar modellari deyiladi.

Dinamik qator –bu ma'lum bir ko'rsatkichning bir qancha ketma-ket kelgan momentlar yoki davrlardagi qiymatlari to'plamidir. Dinamik qatorlarning har bir darajasi trendli(T), tsiklik yoki masumiylik(S) va tasodifiy(E) omillarning ta'siri natijasida yuzaga keladi.

Uchchala komponentalarning yig'indisidan tuzilgan model *dinamik qatorning additiv modeli* deyiladi. Uchchala komponentalarning ko'paytmasidan tuzilgan model esa *dinamik qatorning multiplikativ modeli* deyiladi.

Additiv model quyidagi umumiy ko'rinishga ega: $Y = T + S + E$.

Multiplikativ model esa quyidagi umumiy ko'rinishga ega: $Y = T \cdot S \cdot E$.

1.2. Namunaviy misollar yechish

1-misol.

18 oylik ma'lumotlar asosida korxonaning daromadi (y , mlrd. so'm)ni hom ashyo bahosi (x_1 , mln. so'm/1 tonna) va mehnat unumdorligi (x_2 , mahsulot birligi/bir ishchiga)ga bog'liqligini ifodalovchi regressiya tenglamasi tuzilgan:

$$\hat{y} = 200 - 1,5 \cdot x_1 + 4,0 \cdot x_2.$$

Qoldiq miqdorni tahlil qilganda quyidagi jadvalda keltirilgan qiymatlardan foydalanilgan:

4.1-jadval

Oylar	y	x ₁	x ₂
1	210	800	300
2	720	1000	500
3	300	1500	600
...

$$\sum \varepsilon_t^2 = 10500, \quad \sum (\varepsilon_t - \varepsilon_{t-1})^2 = 40000.$$

Topshiriq:

1. Birinchi uch oy uchun $\hat{y}_t, \varepsilon_t, \varepsilon_{t-1}, \varepsilon_t^2, (\varepsilon_t - \varepsilon_{t-1})^2$ larni hisoblang.
2. *Darbin-Uotson* kriteriysini hisoblang.
3. Olingan natijani 5%li ahamiyatlilik darajasi bilan baholang.
4. Tuzilgan tenglama prognoz uchun yaroqliligini aniqlang.

Yechish

1. \hat{y}_t ning qiymatini x_1 va x_2 larning haqiqiy qiymatlarini regressiya tenglamasiga qo'yib topiladi:

$$\hat{y}_1 = 200 - 1,5 \cdot 800 + 4,0 \cdot 300 = 200;$$

$$\hat{y}_2 = 200 - 1,5 \cdot 1000 + 4,0 \cdot 500 = 700;$$

$$\hat{y}_3 = 200 - 1,5 \cdot 1500 + 4,0 \cdot 600 = 350.$$

Qoldiq ε_t quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$\varepsilon_t = y_t - \hat{y}_t.$$

Bundan,

$$\varepsilon_1 = 210 - 200 = 10, \quad \varepsilon_2 = 720 - 700 = 20, \quad \varepsilon_3 = 300 - 350 = -50;$$

$$\varepsilon_1^2 = 100, \quad \varepsilon_2^2 = 400, \quad \varepsilon_3^2 = 2500;$$

ε_{t-1} ning qiymatlari ε_t ning qiymatlarini bir oyga surilganiga teng.

Hisoblashlar natijalarini quyidagi jadval ko'rinishida yozamiz.

Oylar	\hat{y}_t	ε_t	ε_{t-1}	$(\varepsilon_t - \varepsilon_{t-1})$	$(\varepsilon_t - \varepsilon_{t-1})^2$	ε_t^2
1	200	10				100
2	700	20	10	10	100	400
3	350	-50	20	-70	4900	2500
...
					40000	10500

2. *Darbin-Uotson* kriteriysi quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$d = \frac{\sum (\varepsilon_t - \varepsilon_{t-1})^2}{\sum \varepsilon_t^2} = \frac{40000}{10500} = 3,81.$$

3. Olingan natijani 5%li ahamiyatlilik darajasi bilan baholash uchun d ning haqiqiy qiymatlarini Darbin-Uotson kriteriysi jadval ma'lumotlari bilan solishtiramiz. $n=18$ oy va $m=2$ (omillar soni) bo'lganda d ning quyi chegarasi 1,05ga teng, yuqori chegarasi esa -1,53. d ning haqiqiy qiymati 4ga yaqin bo'lganligi sababli qoldiqda avtokorrelyatsiyaning manfiy qiymati bilan tavsiflanadi. Avtokorrelyatsiyani manfiylik qiymatini tekshirish uchun quyidagi kattalikni topamiz:

$$4- d = 4 - 3,81 = 0,19,$$

ushbu kattalik d 'dan ancha kichik. Bu esa qoldiqda avtokorrelyatsiya mavjudligini bildiradi.

4. Qoldiqda avtokorrelyatsiya mavjudligi sababli regressiya tenglamasini prognozlash uchun qo'llash mumkin emas. Qoldiqdagi avtokorrelyatsiya tenglamaga qandaydir muhim omil kiritilmaganligini yoki bog'lanishning shakli noto'g'ri tanlanganligini bildiradi.

1.3 Mustaqil ishlash uchun masalalar

1-masala.

Bank ma'muriyati jismoniy shaxslarning depozitlarini qator yillar bo'yicha dinamikasini o'rgangan (taqqoslama baholarda, mln. doll.). Natijalar quyidagicha bo'lgan:

Yillar, t	1	2	3	4	5	6	7	$\Sigma=28$
Jismoniy shaxslar depozitlari, x	2	6	7	3	10	12	13	$\Sigma=53$

Yana, ushbu yig'indi ham ma'lum: $\Sigma x^2=511$.

Topshiriq:

1. Chiziqli trend tenglamasini tuzing va uning parametrlarini izohlab bering.
2. Chiziqli trend uchun determinatsiya koeffitsientini aniqlang.
3. Bank ma'muriyati jismoniy shaxslar depozitlarining o'rtacha yillik mutloq o'sishi 2,5 mln.dollordan kam bo'lmasligini tahmin qilgan. Siz olgan natija bilan ushbu tahmin tasdiqlanadimi – yo'qmi?

2-masala.

Fermer ho'jaligida bug'doy hosildorligi bo'yicha 8 yillik ma'lumotlar berilgan:

Yillar, t	1	2	3	4	5	6	7	8
Bug'doy hosildorligi, y_i (ts/ga)	10,2	10,7	11,7	13,1	14,9	17,2	20,0	23,2

Topshiriq:

1. Trend tenglamasi shaklini tanlashni asoslab bering.
2. Trend tenglamasi parametrlarini hisoblang.
3. Bug'doy hosildorligini keyingi yil uchun prognoz qiling.

3-masala.

Regionda ishsizlik darajasi y_t (%) bo'yicha 10 oylik ma'lumotlar berilgan:

Yillar, t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ishsizlik darajasi, y_t (%)	8,8	8,6	8,4	8,1	7,9	7,6	7,4	7,0	6,9	6,7

Topshiriq:

1. Ushbu qator darajalarining birinchi va ikkinchi tartibli avtokorrelyatsiya koeffitsientlarini aniqlang.
2. Trend tenglamasini tanlanishini asoslang va uning parametrlarini aniqlang.
3. Olingan natijalarni izohlang.

14-AMALIY TOPSHIRIQ

Mavzu: Ekonometrik tadqiqotlarda axborot texnologiyalari

Uslubiy korsatma

1.1. Nazariy qism.

1.2 Namunaviy misollar yechish

1-misol.

$y = a_0 x_1^{a_1} x_2^{a_2}$ KDICHF uchun resurslarning o'rtacha A_1 , A_2 , va limit M_1 va M_2 samaradorliklarini toping.

Yechish

$$A_1 = \frac{y}{x_1} = \frac{f(x)}{x_1} = a_0 x_1^{a_1-1} x_2^{a_2}; \quad A_2 = \frac{y}{x_2} = \frac{f(x)}{x_2} = a_0 x_1^{a_1} x_2^{a_2-1};$$

$$M_1 = \frac{\partial f(x)}{\partial x_1} = a_1 \cdot A_1; \quad M_2 = \frac{\partial f(x)}{\partial x_2} = a_2 \cdot A_2;$$

$$\frac{M_1}{A_1} = a_1 \leq 1 \Rightarrow M_1 \leq A_1; \quad \frac{M_2}{A_2} = a_2 \leq 1 \Rightarrow M_2 \leq A_2.$$

Bundan ko'rinadiki i -resursning limit samaradorligi o'rtacha samaradorligidan farq qilib, odatda

$$M_i \leq A_i, \quad (i = 1, 2)$$

tengsizlik barcha ishlab chiqarish funksiyalari uchun bajariladi.

1.3-Mustaqil ishlash uchun masalalar

1-masala.

$y = 6x^{0,65}$ ishlab chiqarish funktsiyaning o'rtacha va limit samaradorligini toping, hamda ularni resurs $x = 10$ qiymatida taqqoslang.

2-masala.

$y = 6x^{0,65}$ ishlab chiqarish funktsiyasi uchun ishlab chiqarishning xarajatlar o'zgarishiga nisbatan elastiklikligini hisoblang.

3-masala.

$y=5x_1^2+5x_1x_2$ funktsiyani birjinsligini tekshiring va proportsionallik darajasini toping.

Foydalanilgan adabiyotlar:

Asosiy adabiyotlar

1. Ishnazarov A., Nurullayeva Sh. Xomidov S. Ekonometrikaga kirish. O'quv qo'llanma. – T.: Iqtisodiyot, 2021. – 210 b.
2. Картаев Ф. Введение в эконометрику: учебник. – М.: Экономический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова: Проспект, 2021. -472 с.
3. Gujarati D.N. Porter D.C. Basic Econometrics. McGraw-Hill, 6th edition, 2019. 946p.

Qo'shimcha adabiyotlar:

- Rasulev D., Ishnazarov A., Nurullayeva Sh., Ro'zmetova N., Mo'minova M., Ekonometrika asoslari. O'quv qo'llanma. –T.: Iqtisodiyot, 2019. -298 b.
5. Хаяши Фумио. Эконометрика. Учебник/ пер. с англ. Под науч. Ред. В.П. Носко.-М: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2017. -726 с.
6. Mustafakulov Sh., Negmatov J., Muroullayev N., Jo'rayev B., Ekonometrika: o'quv qo'llanma. –T.: 2017. -155 b.
7. Greene W.H. Econometric Analysis. Prentice Hall. 7th edition, 2011. - 1232 p.
8. Christopher Dougherty. Introduction to Econometrics. Oxford University Press, 2011.-573p.

