

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI QISHLOQ XO‘JALIGI
VAZIRLIGI**

**ANDIJON QISHLOQ XO‘JALIGI VA
AGROTEXNOLOGIYALAR INSTITUTI**

D.TOSHPO‘LATOV, B.EGAMBERDIYEVA

EKONOMETRIKADAN AMALIY MASHG‘ULOTLAR

O‘quv qo‘llanma

**«ZEBO PRINT»
TOSHKENT - 2022**

UO‘K: 620.18

KBK: 32.973

Toshpo‘latov D, Egamberdiyeva B

Ekonometrikadan amaliy mashg‘ulotlar [Matn]: o‘quv qo‘llanma / D. Toshpo‘latov, D.Egamberdiyeva.– Toshkent: «ZEBO PRINT», 2022. - 204 b.

O‘quv qo‘llanma ekonometrika asoslari fanidan chiqarilgan bakalavriat o‘quv dasturlari asosida tayyorlandi. Unda ekonometrika asoslari fanidan nazariy ma‘lumotlar, amaliy topshiriqlar va amaliy topshiriqlarni bajarish bo‘yicha namunalar keltirilgan.

O‘quv qo‘llanma 5233300 – Agrobiznes va investitdion faoliyat ta‘lim yo‘nalishida tahsil olayotgan talabalarga mo‘ljallangan.

Taqrizchilar:

B.B.Berkinov – Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti Makroiqtisodiy tahlil va prognozlashtirish kafedrası professori, i.f.d., professor;

B.Z.Nosirov – Andijon qishloq xo‘jaligi va agrotexnologiyalar instituti Qishloq xo‘jalik iqtisodiyoti kafedrası dotsenti, i.f.n., dotsent.

O‘quv qo‘llanma O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta‘lim vazirligining 2021-yil 18 avgustdagi 356-sonli butrug‘iga asosan chop etishga ruxsat etilgan.

ISBN 978-9943-8119-9-7

SO‘Z BOSHI

Ekonometrika asoslari fani iqtisodi ta'lim sohasi talabalari tomonidan o'rganiladi. Fanni o'qitishdan maqsad - real ijtimoiy-iqtisodiy hodisalar hamda jarayonlarni modellashtirish va miqdoriy jihatdan tahlil qilish usullarini o'zlashtirish hisoblanadi.

Ushbu o'quv qo'llanma ekonometrika asoslari fani bo'yicha ishlab chiqilgan. Unda juft korrelyasiya, juft regressiya, ko'p omilli regressiya va korrelyasiya, ekonometrik tenglamalar tizimi, dinamik ekonometrik modellar, stoxastik jarayonlarning chiziqli modellari bo'yicha asosiy tushunchalar, amaliy topshiriqlar va ularni bajarish uchun namunalar berilgan. Amaliy topshiriqlarni MS Excel va Matrixer 5.1 dasturlarida bajarish yo'llari ko'rsatilgan.

Ushbu o'quv qo'llanma ekonometrika asoslari fanidan amaliy mashg'ulotlarini tashkil etish uchun ishlab chiqilgan.

1-bob. Juft korrelyasiya va regressiya

1.1. Uslubiy ko'rsatmalar

1.1.1. Korrelyatsiya koeffitsiyenti va uning ahamiyatliligi

Korrelatsion tahlil o'zining oldiga o'zgaruvchilar orasidagi bog'liqlik zichligini o'zgaruvchilarni bog'liq va ifodalovchilarga ajratmagan holda tekshirishni maqsad qilib qo'yadi. Ushbu savollarga javobni korrelyasiya ko'rsatkichlari yoki koeffitsiyentlarini hisoblash yordamida berish mumkin.

Analitik ifoda bo'yicha bog'liqliklar

$$y = a_0 + a_1 x \quad (1.1)$$

munosabat bilan aniqlanuvchi x omilga nisbatan chiziqli va qolgan barcha ko'rinishlarga tegishli bo'lgan nochiziqli turlarga bo'linadi.

$$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3, \quad y = a_0 + \frac{a_1}{x}, \quad y = a_0 \cdot a_1^x$$

va hokazo.

Korrelyatsiya koeffitsiyentlarini hisoblash x va y kattaliklar ma'lumotlaridan birgalikda foydalanishni o'rganishga asoslangan, ularni quyidagi jadval yordamida ifodalash qulay.

Kuzatish ma'lumotlari

1.1-jadval

	X	Y
1	x_1	y_1
2	x_2	y_2
....		
n	x_n	y_n

Jadvalning har bir satri bitta $(x_i; y_i)$ kuzatish natijasini bildiradi. Bular o'rganilayotgan obyektning turli vaqtdagi 2 xil ko'rsatkichini tavsiflovchi darajalari yoki bir xil vaqtdagi turli xil bir jinsli obyektlarni tavsiflovchi 2 xil ko'rsatkich bo'ladi.

Omillar o'rtasidagi chiziqli bog'liqlik zichligini chiziqli korrelyasiya koeffitsiyenti r_{xy} yordamida ifodalash mumkin.

$$r_{xy} = \frac{\frac{1}{n} \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sigma_x \sigma_y} = \frac{\text{cov}(x, y)}{\sigma_x \sigma_y} \quad (1.2)$$

yoki

$$r_{xy} = \frac{\overline{yx} - \bar{y} \cdot \bar{x}}{\sigma_x \sigma_y}, \quad (1.3)$$

bu yerda n - kuzatishlar soni, x_i, y_i - kuzatish ma'lumotlari, $\bar{x}, \bar{y}$ - x va y o'zgaruvchilarning o'rtacha qiymatlari, σ_x, σ_y - x va y o'zgaruvchilarning o'rta kvadratik chetlanishlari.

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (x_i - \bar{x})^2} = \sqrt{\overline{x^2} - \bar{x}^2}; \quad \sigma_y = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (y_i - \bar{y})^2} = \sqrt{\overline{y^2} - \bar{y}^2}. \quad (1.4)$$

r_{xy} - chiziqli korrelyasiya koeffitsiyenti $-1 \leq r_{xy} \leq 1$ oraliqdagi qiymatlarni qabul qiladi. $r_{xy} > 0$ da bog'lanish to'g'ri, $r_{xy} < 0$ da teskari bo'ladi.

$|r_{xy}|$ qiymat qanchalik 1 ga yaqin bo'lsa, chiziqli bog'liqlik shunchalik zich bo'ladi va chiziqli bog'liqlik kuzatish ma'lumotlari bilan yaxshiroq mos keladi. Agar $|r_{xy}| = 1$ bo'lsa funksional bog'lanish bo'ladi, ya'ni $y_i = a_0 + a_1 x_i$ munosabat barcha kuzatishlar uchun bajariladi.

Amaliyotda quyidagi 1.2-jadvalda keltirilgan aloqa zichligi darajalari qo'llaniladi.

1.2-jadval

Aloqani zichligini baholashning miqdoriy shartlari

Korrelyatsiya koeffitsiyenti kattaligi $ r_{xy} $	Bog'liqlik tavsifi
$ r_{xy} < 0,3$	Deyarli mavjud emas
$0,3 \leq r_{xy} < 0,5$	Kuchsiz
$0,5 \leq r_{xy} < 0,7$	O'rtacha
$0,7 \leq r_{xy} $	Kuchli

$\hat{y} = f(x)$ munosabat bilan beriluvchi nochiziqli bog'lanish zichligini korrelyasiya indeksi R yordamida baholanadi.

$$R = \sqrt{1 - \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}, \quad (1.5)$$

bu yerda n - kuzatishlar soni, x_i, y_i - kuzatish ma'lumotlari, $\bar{x}, \bar{y}$ - x va y o'zgaruvchilarning o'rtacha qiymatlari, $\hat{y}_i$ - o'zgaruvchining bog'lanish tenglamasi bo'yicha hisoblangan qiymati.

Korrelyatsiya indeksi R quyidagi oraliqda o'zgaradi.

$$0 \leq R \leq 1$$

R ning qiymati 1 ga qanchalik yaqin bo'lsa, $\hat{y} = f(x_i)$ bog'liqlik kuzatish ma'lumotlari bilan shunchalik moslashadi. Agar $R=1$ bo'lsa, bog'lanish funksional bo'ladi, ya'ni $\hat{y} = f(x_i)$ munosabat barcha kuzatishlar uchun o'rinli bo'ladi.

Korrelyatsiya chiziqli koeffitsiyenti r_{xy} yoki korrelyatsiya indeksi R ning nolga yaqin qiymatlari x va y o'zgaruvchilari o'rtasida bog'liqlikning yo'qligini bildiradi yoki r_{xy} yoki R ning tasodifiy ekanligini bildiradi.

r_{xy} korrelyatsiya chiziqli koeffitsiyentining olingan qiymati statistik ahamiyatlilikini baholash uchun Styudentning t -mezoni ishlatiladi. Agar

$$t_r = \frac{r_{xy}}{\sqrt{\frac{1-r_{xy}^2}{n-2}}} > t_{jadv} \quad (1.6)$$

bajarilsa, r_{xy} qiymati statistik ahamiyatli deb hisoblanadi, bu yerda n - kuzatishlar soni, $t_{jadv} = t_{1-\alpha, n-2}$ Styudentning t -shartining jadval qiymati.

α ning ahamiyatlilik darajasi odatda $\alpha=0,05$ yoki $\alpha=0,01$ deb qabul qilinadi.

Korrelyatsiya indeksi R ning olingan qiymatlari statistik ahamiyatlilikini baholash uchun Fisherning F -mezoni ishlatiladi, unga ko'ra R ning qiymati quyidagi shart bajarilsa ahamiyatli hisoblanadi.

$$F_r = \frac{R^2}{1-R^2} (n-2) > F_{jadv} \quad (1.7)$$

bu yerda n - kuzatishlar soni, F_{jadv} - Fisherning F -mezonining jadval qiymati.

Bu korrelyasiya chiziqli koeffitsiyentining olingan qiymatlari ahamiyatlilikini tekshirish hali bu qiymatning aniq qiymatdan qancha farq qilinishini bildirmaydi. Bu savolga javobni ishonch intervallarini qurish orqali olish mumkin.

Ishonchli interval deganda berilgan ehtimol ($P=1-\alpha$) bilan aniqlanayotgan ko'rsatkichning aniq qiymati yotuvchi chegaralari tushuniladi.

Agar ishonch intervalining chegaralariga nolga tushib qolsa, ya'ni quyi chegara manfiy, yuqori chegara musbat bo'lsa, u holda r_{xy} qiymati bir paytning o'zida ham manfiy, ham musbat qiymatlarni qabul qilishi mumkinligi bois 0 ga teng deb olinadi.

r_{xy} korrelyasiya koeffitsiyentining statistik ahamiyatlilikiga uchun ishonch intervalini Fisherning z-almashtirishlaridan foydalanib olinadi.

$$z = Z(r_{xy}) = \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{1+r_{xy}}{1-r_{xy}}. \quad (1.8)$$

Dastlab z uchun interval baho aniqlanadi.

$$z \in z' \pm t_{1-\alpha/2} \cdot \sqrt{\frac{1}{n-3}}, \quad (1.9)$$

bu yerda $t_{1-\alpha/2}$ tartibli standart normal taqsimotning kvantili, $z' = z(r_{xy})$, Fisherning r_{xy} korrelyasiya koeffitsiyentining olingan qiymatlariga mos keluvchi almashtirishlari qiymati.

r_{xy} uchun (r^-, r^+) ishonch intervali chegaraviy qiymatlari Fisherning teskari z almashtirishlari $r_{xy} = z^{-1}(z)$ yordamida olingan (z^-, z^+) ishonch intervali chegaraviy qiymatlaridan olinadi.

$$r^- = Z^{-1}(z^-), \quad r^+ = Z^{-1}(z^+) \quad (1.10)$$

1.1.2. Regressiya tenglamasini qurish

Juft regressiya deb, y va x o'zgaruvchilar orasidagi

$$\hat{y} = f(x) \quad (1.11)$$

bog'qlik tenglamasiga aytiladi.

Bu yerda $\hat{y}$ - bog'liq o'zgaruvchi (natijaviy belgi), x erkli, tushuntiruvchi o'zgaruvchi (omil-belgi).

Juft regressiyaning ifodalovchi o'zgaruvchi sifatida foydalanadigan ta'sir etuvchi omil mavjud bo'lganda qo'llaniladi.

x omilga nisbatga chiziqli va nochiziqli regressiyalar mavjud:

-chiziqli - $\hat{y} = a_0 + a_1x$

-giperbolik - $\hat{y} = a_0 + \frac{a_1}{x}$

-eksponensial - $\hat{y} = e^{a_0 + a_1x}$

-parabolik - $\hat{y} = a_0 + a_1x + a_2x^2$

-ko'rsatkichli - $\hat{y} = a_0 \cdot a_1^x$

-darajali - $\hat{y} = a_0 \cdot x^{a_1}$

-logarifmik - $\hat{y} = a_0 + a_1 \ln x$

Chiziqli regressiyadagi x omil o'zgaruvchi oldidagi a_1 koeffitsiyent talqini: a_1 koeffitsiyent x omil bir birlikka o'zgarganda y o'zgaruvchining o'rtacha necha birlikka o'zgarishini ko'rsatadi.

Masalaning qo'yilishi. Ikkita x va y $\{(x_i, y_i), i = 1, 2, \dots, n\}$ o'zgaruvchilarning birgalikdagi o'zgarishlarini n ta kuzatishlar bo'yicha shu ko'rsatkichlarni eng yaxshi usulda ifodalovchi $\hat{y} = f(x)$ analitik bog'liqlikni aniqlash zarur.

Regressiya tenglamasini qurish ikki bosqichda amalga oshiriladi:

-modellarni tasniflash $\hat{y} = f(x)$ analitik bog'liqlikning ko'rinishlarini aniqlash;

-tanlangan modelning parametrlarini baholash.

Analitik bog'lanish ko'rinishini tanlash uchun 3 ta asosiy usul qo'llaniladi:

- grafik (korrelyatsiya maydonlari tahlili asosida);

- analitik, ya'ni o'rganilayotgan o'zaro bog'liqlik nazariyasidan kelib chiqqan holda;

- tajribaviy, ya'ni turli xil modellar uchun hisoblangan aproksimatsiya o'rtacha xatoligi $\bar{A}$ yoki qoldiqli dispersiya qiymatlarini D_{qol} solishtirish orqali.

Parametrlari bo'yicha chiziqli bo'lgan regressiyaning ana shu parametrlarini baholash uchun eng kichik kvadratlar usuli (EKKU) qo'llaniladi. Bu usul parametrlarning shunday baholarini olish imkonini beradi. Bunda y natijaviy belgining berilgan qiymatlarini $\hat{y}$ nazariy qiymatlaridan og'ishlarining kvadratlari yig'indisi minimal bo'ladi, ya'ni

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

Chiziqli regressiya hamda a_0 va a_1 parametrlar EKKU ning quyidagi normal tenglamalari tizimidan topiladi.

$$\begin{cases} na_0 + a_1 \sum x = \sum y \\ a_0 \sum x + a_1 \sum x^2 = \sum yx \end{cases} \quad (1.12)$$

Xuddu shu tizimdan kelib chiquvchi quyidagi tayyor formulalardan ham foydalansa bo'ladi:

$$a_0 = \bar{y} - a_1 \cdot \bar{x}, \quad a_1 = \frac{\text{cov}(x, y)}{\sigma_x^2} = \frac{\overline{y \cdot x} - \bar{y} \cdot \bar{x}}{\overline{x^2} - \bar{x}^2}. \quad (1.13)$$

Chiziqli bo'lmagan regressiya tenglamalari o'zgaruvchilarni almashtirish yordamida chiziqli ko'rinishga keltiriladi so'ngra almashtirilgan o'zgaruvchilarga EKKU qo'llaniladi.

Giperbolik regressiya: $\hat{y}_x = a_0 + a_1 / x$

Chiziqli ko'rinishga keltiruvchi almashtirish: $x' = 1/x$; $y' = y$.

(1.12) tenglamalar va (1.13) formulalar

$$\begin{cases} na_0 + a_1 \sum \frac{1}{x} = \sum y \\ a_0 \sum \frac{1}{x} + a_1 \sum \frac{1}{x^2} = \sum y \frac{1}{x} \end{cases} \quad (1.14)$$

$$a_0 = \frac{1}{n} \sum y - \frac{1}{n} a_1 \sum \frac{1}{x}, \quad a_1 = \frac{n \sum \frac{y}{x} - \sum \frac{1}{x} \sum y}{n \sum \frac{1}{x^2} - \left(\sum \frac{1}{x} \right)^2} \quad (1.15)$$

ko'rinishlarni oladi.

Ekspontensial regressiya: $\hat{y}_x = e^{a_0 + a_1 x}$

Chiziqli ko'rinishga keltiruvchi almashtirishlar va hisoblash uchun formulalar:

$$\begin{aligned} x' &= x; \quad y' = \ln y \\ a_0 &= \frac{1}{n} \sum \ln y - \frac{1}{n} a_1 \sum x, \quad a_1 = \frac{n \sum x \ln y - \sum x \sum \ln y}{n \sum x^2 - \left(\sum x \right)^2} \end{aligned} \quad (1.16)$$

Darajali funksiya: $\hat{y}_x = a_0 \cdot x^{a_1}$, ($a_0 > 0$)

Chiziqli ko'rinishga keltiruvchi almashtirishlar va hisoblash uchun formulalar:

$$x' = \ln x; \quad y' = \ln y.$$

$$\ln a_0 = \frac{1}{n} \sum \ln y - \frac{1}{n} a_1 \sum \ln x, \quad a_1 = \frac{n \sum (\ln x \cdot \ln y) - \sum \ln x \sum \ln y}{n \sum (\ln x)^2 - (\sum \ln x)^2} \quad (1.17)$$

Ko'rsatkichli funksiya: $\hat{y}_x = a_0 \cdot a_1^x$.

Chiziqli ko'rinishga keltiruvchi almashtirishlar va hisoblash uchun formulalar:

$$x' = x; \quad y' = \ln y.$$

$$\ln a_0 = \frac{1}{n} \sum \ln y - \frac{1}{n} \ln a_1 \sum x, \quad \ln a_1 = \frac{n \sum x \ln y - \sum x \sum \ln y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}. \quad (1.18)$$

Logarafmik funksiya: $\hat{y}_x = a_0 + a_1 \ln x$.

Chiziqli ko'rinishga keltiruvchi almashtirishlar va hisoblash uchun formulalar:

$$x' = \ln x; \quad y' = y.$$

$$a_0 = \frac{1}{n} \sum y - \frac{1}{n} a_1 \sum \ln x, \quad a_1 = \frac{n \sum \ln x \cdot y - \sum \ln x \sum y}{n \sum (\ln x)^2 - (\sum \ln x)^2} \quad (1.19)$$

Parabolik funksiya: $\hat{y}_x = a_0 + a_1 x + a_2 x^2$.

Chiziqli ko'rinishga keltiruvchi almashtirishlar va hisoblash uchun formulalar:

$$x'_1 = x; \quad x'_2 = x^2; \quad y' = y.$$

Bu modelga 2 ta omilli o'zgaruvchilar $x'_1 = x; \quad x'_2 = x^2$ mos keladi.

2-tartibli parabola

$$\begin{cases} n \cdot a_0 + a_1 \sum x + a_2 \sum x^2 = \sum y, \\ a_0 \sum x + a_1 \sum x^2 + a_2 \sum x^3 = \sum xy \\ a_0 \sum x^2 + a_1 \sum x^3 + a_2 \sum x^4 = \sum x^2 y \end{cases} \quad (1.20)$$

tenglamalar tizimi orqali aniqlanuvchi a_0, a_1, a_2 parametrlarga ega.

1.1.3. Regressiya tenglamasini ahamiyatligini baholash

Qurilgan regressiya modelining sifati R - korrelyasiya indeksi (1.5) yoki korrelyasiya indeksining kvadrati sifatida hisoblanadigan determinatsiya koeffitsiyenti $R^2 = (R)^2$ orqali baholanadi.

Chiziqli regressiya uchun $R^2 = r_{xy}^2$.

Determinatsiya koeffitsiyenti R^2 quyidagi oraliqdagi qiymatlarni qabul qiladi:

$$0 < R^2 < 1.$$

R_2 ning qiymati qanchalik birga yaqin bo'lsa, shunchalik regressiya tenglamasi $\hat{y} = f(x)$ berilgan kuzatishlarga mos keladi. $R=1$ da $\hat{y} = f(x)$ funksional bog'liqlikka aylanadi, ya'ni $\hat{y}_i = f(x_i)$ munosabat barcha kuzatishlar uchun o'rinli bo'ladi.

Determinatsiya koeffitsiyenti R^2 quyidagicha talqin qilinadi. R^2 kattalik y natijaviy belgining umumiy dispersiyasining qancha unumli regressiya tenglamasi orqali izohlanishini ko'rsatadi. Masalan, $R^2=0,75$ qiymat regressiya tenglamasi y natijaviy belgi umumiy dispersiyasinnig (variatsiyasining) 75% ini izohlaydi.

Qurilgan regressiya modelining aniqligi hatolikning o'rta kvadrati orqali baholaymiz:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}{n}} \quad (1.21)$$

yoki $\bar{A}$ aproksimatsiya o'rtacha hatoligi orqali baholaymiz:

$$\bar{A} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y - \hat{y}}{y} \right| \cdot 100\% \quad (1.22)$$

Aproksimatsiyaning o'rtacha hatoligi past bo'lsa, shunchalik regressiya modeli olingan ma'lumotlarini to'la ifodalaydi.

Qurilgan regressiya tenglamasini $\bar{A}$ ning qiymati 10-15% dan oshmasa qoniqarli deb hisoblash mumkin.

Regressiya tenglamasini statistik ahamiyatli ekanligini baholash Fisherning F - mezoni yordamida quyidagi algoritm bo'yicha amalga oshiriladi.

1) regressiya tenglamasining statistik ahamiyatsizligi haqidagi N_0 - nolinchi gipoteza ilgari suriladi.

2) kriteriyning hisoblangan qiymati F_{his} hisoblanadi va F - mezonning kritik (jadval) qiymati F_{jadv} aniqlanadi.

3) $F_{his} > F_{jadv}$ shart tekshiriladi. Agar shart bajarilsa, u holda regressiya tenglamasining statistik ahamiyatsizligi haqidagi N_0 - nolinchi gipoteza rad qilinadi va tenglama statistik ahamiyatli deb hisoblanadi. Agar $F_{his} \leq F_{jadv}$ bo'lsa, u holda N_0 gipoteza rad etilmaydi va regressiya tenglamasining ishonchsizligi yoki statistik ahamiyatsizligi qabul qilinadi.

F_{his} kattalik quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$F_{his} = \frac{R^2}{1-R^2} \cdot \frac{n-m-1}{m} \quad (1.23)$$

bu yerda n - to'plam birliklar soni, m - o'zgaruvchilardagi parametrlar soni. Juft chiziqli regressiya uchun $m=1$ bo'ladi.

F_{jadv} jadval qiymat bo'lib, u Fisher mezonining α ahamiyatlilik va $k_1 = m$, $k_2 = n - m - 1$ ozodlik darajalaridagi jadval qiymatini ifodalaydi.

Regressiya tenglamasi koeffitsiyentlari ahamiyatligini baholash uchun Styudentning t -mezonidan foydalaniladi:

1) regressiya tenglamasi koeffitsiyentlarining statistik ahamiyatsizligi haqidagi H_0 nolinch gipoteza ilgari suriladi.

2) t -mezonning hisoblangan qiymati - t_{his} hisoblanadi va t -mezonning kritik (jadval) qiymati t_{jadv} aniqlanadi.

3) $t_{his} > t_{jadv}$ shart tekshiriladi. Agar shart bajarilsa, u holda regressiya tenglamasi koeffitsiyentining statistik ahamiyatsizligi haqidagi N_0 -nolinch gipoteza rad qilinadi va tenglama koeffitsiyenti statistik ahamiyatli deb qaraladi. Agar $t_{his} \leq t_{jadv}$ bo'lsa, u holda N_0 gipoteza rad etilmaydi va regressiya tenglamasi koeffitsiyentining statistik ahamiyatsiz ekanligi qabul qilinadi.

$t_{a_{his}}, t_{a_0his}$ kattaliklar quyidagi formula orqali hisoblanadi.

$$t_{a_{his}} = \frac{a_1}{s_{a_1}}; t_{a_0his} = \frac{a_0}{s_{a_0}}. \quad (1.24)$$

bu yerda regressiya koeffitsiyentlaridagi standart xatoliklar s_{a_0}, s_{a_1} (1.25), (1.26) formuladan topiladi.

$t_{his} = t_{1-\alpha, n-2}$ kattalik Styudent kriteriysining α ahamiyatlilik darajasi va $k = n - m - 1$ erkinlik darajasi bo'yicha jadval qiymatidan olinadi.

Regressiya koeffitsiyentining olinadigan qiymatlari x va y o'zgaruvchilar qiymatlarining foydalanilayotgan tanlanmasiga bog'liq bo'lib, ular tasodifiy bo'ladi. Olingan baholashlar aniqlanganligini tekshirish uchun regressiya koeffitsiyentlarining "Standart xatoliklari"dan foydalanish mumkin.

Regressiya koeffitsiyentining standart xatoliklari (s_{a_1}) va (s_{a_0}) quyidagi (1.25) va (1.26) munosabatlar orqali aniqlanadi,

$$s_{a_1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2 / (n-2)}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}} = \sqrt{\frac{S_{qol}^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}} = \frac{S_{qol}}{\sigma_x \sqrt{n}}, \quad (1.25)$$

$$S_{a_0} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}{(n-2)} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}} = \sqrt{S_{qol}^2 \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n^2 \sigma_x^2}} = S_{qol} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n \sigma_x^2}}. \quad (1.26)$$

bu yerda (S_{qoldiq}^2) qoldiq dispersiyaning aralash bo'lmagan baholashni bildiradi.

$$S_{qol}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}{n-2}. \quad (1.27)$$

Parametrlar baholarining ahamiyatligini tekshirish ularni aniq qiymatlaridan qanchalik farq qilishini ko'rsatmaydi. Bu savollarga javobni ishonchlilik oraliqlarini qurish orqali olamiz. Ishonchlilik oraliqlari deganda aniqlanayotgan ko'rsatkichning aniq qiymati berilgan ehtimollik ($P=1-\alpha$) bilan yotuvchi chegaralari tushuniladi.

Regressiya tenglamasi $\tilde{a}_0$ va $\tilde{a}_1$ parametrlarining aniq qiymatlari uchun ishonchlilik oraliqlarini quyidagi munosabatlar yordamida aniqlanadi.

$$a_0 - t_{1-\alpha, n-2} \cdot S_{a_0} < \tilde{a}_0 < a_0 + t_{1-\alpha, n-2} \cdot S_{a_0}; \quad a_1 - t_{1-\alpha, n-2} \cdot S_{a_1} < \tilde{a}_1 < a_1 + t_{1-\alpha, n-2} \cdot S_{a_1} \quad (1.28)$$

$t_{1-\alpha, n-2}$ kattalik Styudentning t -mezoni α ahamiyatlilik darajasi va $n-2$ ozodlik darajasidagi jadval qiymatini bildiradi.

Agar ishonchlilik oraliqlariga nol kirib qolsa, ya'ni quyi chegara manfiy, yuqori chegara musbat bo'lsa, u holda baholanuvchi parametrlar nolga teng deb olinadi, ya'ni bir vaqtning o'zida ham manfiy, ham musbat qiymat olayotganligi uchun.

Nuqtali prognoz (oldindan aytish) y_p taxminiy qiymatni olishdan iborat bo'lib, bu $\hat{y}_\delta = a_0 + a_1 \cdot x$ regressiya tenglmasida x_p ning mos qiymati uchun $y_p = a_0 + a_1 \cdot x_p$ almashtirish o'tkazish yordamida aniqlanadi.

Intervalli prognoz esa prognozning ishonchlilik oraliqlarini qurishdan, ya'ni y_p ($y_{p\min} < y_p < y_{p\max}$) taxminiy qiymatini o'zida saqllovchi $y_{p\min}$ - quyi, $y_{p\max}$ - yuqori chegarali oraliqni qurishdan iborat.

Prognozning ishonchlilik oraliqlarini qurish uchun S_{y_p} prognoz xatosi dispersiyaning $S_{y_p} = \sqrt{S_{y_p}^2}$ munosabat orqali topiladi.

$$S_{y_p} = S_{qol} \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(x_p - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}. \quad (1.29)$$

y_p prognoz xususiy qiymati uchun ishonchlilik oraliqlari

$$y_p - t_{1-\alpha; n-2} \cdot S_{y_p} \leq \hat{y}_p \leq y_p + t_{1-\alpha; n-2} \cdot S_{y_p}, \quad (1.30)$$

munosabat orqali topiladi, bu yerda $t_{1-\alpha; n-2}$ Styudentning t -mezonining α ahamiyatlilik darajasi va $n-2$ ozodlik darajasi bo'yicha jadval qiymati.

Iqtisodiy izlanishlarda

$$\vartheta = f'(x) \frac{x}{y} \quad (1.31)$$

formula bo'yicha hisoblanuvchi elastiklik koeffitsiyentlari kabi ko'rsatkich keng qo'llaniladi.

Elastiklik koeffitsiyenti x omilning o'zining nominal qiymatidagi 1% o'zgarishi y omilning necha foiz o'zgarishini ko'rsatadi. Chiziqli regressiya uchun elastiklik koeffitsiyenti

$$\vartheta = a_1 \frac{\bar{x}}{y} \quad (1.32)$$

ga teng bo'lib, x ga bog'liq, shu o'rtacha elastiklik koeffitsiyenti

$$\vartheta = f'(\bar{x}) \frac{\bar{x}}{y} = a_1 \frac{\bar{x}}{y} \quad (1.33)$$

orqali hisoblanadi.

O'rtacha elastiklik koeffitsiyenti ($\bar{\vartheta}$) x omil o'zining nominal qiymatidan 1% o'zgarganda y natija esa umumiy holda o'rtacha necha foizga o'zgarishini ko'rsatadi.

1.2. Masalani yechish bo'yicha na'munalar

1-misol.

2018 yil uchun O'zbekiston hududlari bo'yicha ikkita omil belgining qiymati ma'lum (1.3-jadval).

1.3-jadval

Xududlar	Hududlar bo'yicha aholi jon boshiga chakana savdo tovar aylanmasi, ming so'm, y	Hududlar bo'yicha aholi jon boshiga umumiy daromadlari, ming so'm, x
Qoraqalpog'iston Respublikasi	2391	6452
Andijon	3425	8175
Buxoro	4407	10848
Jizzax	3252	7956
Qashqadaryo	2783	7385
Navoiy	5650	13376
Namangan	2871	6582
Samarqand	2965	7678
Surxondaryo	3500	7244
Sirdaryo	2766	7706
Toshkent	4821	8928
Farg'ona	3071	6836
Xorazm	2862	9094
Toshkent sh.	11858	15927

Topish kerak:

1. y ning x ga bog'liqligini aniqlash uchun quyidagi funksiyalarning parametrlarini hisoblang:

- a) chiziqli;
- b) darajali;
- d) ko'rsatkichli;
- e) teng tomonli giperbola.

2. Har bir modelni aproksimatsiya o'rtacha xatoligi $\bar{A}$ va Fisherning F -mezoni orqali baholang.

Yechilishi.

1a. $y = a_0 + a_1x$ Chiziqli regressiya tenglamasining a_0 va a_1 parametrlarini hisoblash uchun biz oddiy tenglamalar sistemasini a_0 va a_1 nisbatan yechamiz.

$$\begin{cases} na_0 + a_1 \sum x = \sum y \\ a_0 \sum x + a_1 \sum x^2 = \sum yx \end{cases}$$

Dastlab berilgan ma'lumotlarga ko'ra $\sum x, \sum y, \sum yx, \sum x^2, \sum y^2$ larni hisoblaymiz.

1.4-jadval

	y	x	yx	x ²	y ²	$\hat{y}_x$	y-y _x	A _i
1	2391	6452	15426732	41628304	5716881	2118,6	272,4	11,4
2	3425	8175	27999375	66830625	11730625	3490,6	-65,6	1,9
3	4407	10848	47807136	117679104	19421649	5619,1	-1212,1	27,5
4	3252	7956	25872912	63297936	10575504	3316,2	-64,2	2,0
5	2783	7385	20552455	54538225	7745089	2861,5	-78,5	2,8
6	5650	13376	75574400	178917376	31922500	7632,2	-1982,2	35,1
7	2871	6582	18896922	43322724	8242641	2222,1	648,9	22,6
8	2965	7678	22765270	58951684	8791225	3094,8	-129,8	4,4
9	3500	7244	25354000	52475536	12250000	2749,2	750,8	21,5
10	2766	7706	21314796	59382436	7650756	3117,1	-351,1	12,7
11	4821	8928	43041888	79709184	23242041	4090,2	730,8	15,2
12	3071	6836	20993356	46730896	9431041	2424,4	646,6	21,1
13	2862	9094	26027028	82700836	8191044	4222,4	-1360,4	47,5
14	11858	15927	188862366	253669329	140612164	9663,5	2194,5	18,5
Jami	56622	124187	580488636	1199834195	305523160	27260,28	-2481,3	244,1
O'rtacha qiyamat	4044	8871	41463474	85702443	21823083			17,4
σ	2338	2649						
σ ²	5465680	7016672						

$$a_1 = \frac{\overline{yx} - \bar{y} \cdot \bar{x}}{\sigma_x^2} = \frac{41463474 - 4044 \cdot 8871}{7016672} = \frac{41463474 - 35874324}{7016672} = \frac{5589150}{7016672} \approx 0,797,$$

$$a_0 = \bar{y} - a_1 \bar{x} = 4044 - 0,797 \cdot 8871 \approx -3026,19.$$

Regressiya tenglamasi: $\hat{y}_x = -3026,19 + 0,797 \cdot x$. Hududlar bo'yicha aholi jon boshiga umumiy daromadlari 1000 so'mga oshsa, aholi jon boshiga chakana savdo tovar aylanmasi 797 so'mga oshishini ko'rish mumkin.

Juft korrelyasiyasining chiziqli koeffitsiyentini hisoblaymiz:

$$r_{xy} = a_1 \frac{\sigma_x}{\sigma_y} = 0,797 \frac{2649}{2338} = 0,901.$$

Omillar biri-biri bilan kuchli bog'langan.

Determinatsiya koeffitsiyent aniqlaymiz:

$$r_{xy}^2 = (0,901)^2 = 0,812.$$

Natijviy omilning o'zgarishi 81,2% bilan x omilning o'zgarishiga bog'liq ekanligi izohlanadi.

Regressiya tenglamasiga x ning haqiqiy qiymatlarini qo'yib, $\hat{y}_x$ ning nazariy (hisoblangan) qiymatlarini aniqlaymiz. Aproxsimatsiya xatoligining o'rtacha qiymatini topamiz $\bar{A}$:

$$\bar{A} = \frac{1}{n} \sum A_i = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{y - \hat{y}}{y} \right| \cdot 100\% = \frac{1}{14} 244,1 = 17,4\%.$$

O'rtacha hisoblangan qiymatlar haqiqiy qiymatdan 17,4 % gacha farq qiladi. Aproxsimatsiya xatoligi 15% gacha bo'lsa qabul qilinadi. Shuni hisobga olgan holda chiziqli modelni ahamiyatli emas deb e'tirof etiladi.

1b. Darajali modeli $y = a_0 \cdot x^{a_1}$ ni qurish uchun o'zgaruvchilarni chiziqli ko'rinishga almashtirish jarayonidan amalga oshiriladi. O'zgaruvchilarni chiziqli ko'rinishga almashtirish uchun tenglamaning har ikki qismini logarifmalash orqali amalga oshiriladi:

$$\lg y = \lg a_0 x^{a_1}; \quad \lg y = \lg a_0 + a_1 \lg x; \quad Y = C + a_1 X,$$

bu yerda, $Y = \lg y$, $X = \lg x$, $C = \lg a_0$.

Hisob-kitoblar amalga oshirish uchun ushbu 1.5-jadvaldan foydalanamiz.

1.5-jadval

	Y	X	YX	Y^2	X^2	$\hat{y}_x$	$y - \hat{y}_x$	$(y - \hat{y}_x)^2$	A_i
1	3,3786	3,8097	12,8714	11,4148	14,5138	2455,9	-64,9	4206,8	2,7
2	3,5347	3,9125	13,8293	12,4938	15,3076	3423,9	1,1	1,1	0,0
3	3,6441	4,0353	14,7054	13,2798	16,2840	5093,6	-686,6	471400,1	15,6
4	3,5122	3,9007	13,6998	12,3352	15,2154	3295,9	-43,9	1923,3	1,3
5	3,4445	3,8684	13,3246	11,8647	14,9641	2968,6	-185,6	34460,3	6,7
6	3,7520	4,1263	15,4822	14,0779	17,0266	6835,3	-1185,3	1404830,6	21,0
7	3,4580	3,8184	13,2040	11,9580	14,5799	2525,6	345,4	119290,8	12,0
8	3,4720	3,8852	13,4897	12,0550	15,0952	3135,3	-170,3	29006,8	5,7
9	3,5441	3,8600	13,6800	12,5604	14,8994	2889,4	610,6	372875,0	17,4
10	3,4419	3,8868	13,3779	11,8463	15,1074	3151,4	-385,4	148516,8	13,9
11	3,6831	3,9508	14,5512	13,5655	15,6085	3874,8	946,2	895256,2	19,6
12	3,4873	3,8348	13,3730	12,1611	14,7057	2663,5	407,5	166045,9	13,3
13	3,4567	3,9588	13,6841	11,9486	15,6717	3976,4	-1114,4	1241776,5	38,9
14	4,0740	4,2021	17,1195	16,5976	17,6579	8733,5	3124,5	9762441,4	26,3
Jami	49,8832	55,0498	196,3921	178,1586	216,6	55023,0	1599,0	14652031,8	194,7
O'rtacha qiymat	3,5631	3,9321	14,0280	12,7256	15,4741			1046573,70	13,9
σ	0,1733	0,1117							
σ^2	0,0300	0,0125							

C va a_1 qiymatlarni hisoblaymiz:

$$a_1 = \frac{\bar{Y} \cdot \bar{X} - \bar{Y} \cdot \bar{X}}{\sigma_x^2} = \frac{14,0280 - 3,5631 \cdot 3,9321}{0,1117^2} = 1,404;$$

$$C = \bar{Y} - a_1 \cdot \bar{X} = 3,5631 - 1,404 \cdot 3,9321 = -1,958.$$

Quyidagi chiziqli tenglama hosil bo'ladi: $\hat{Y} = -1,958 + 1,404 \cdot X$.

Almashtirishlarni bajarib quyidagi tenglamani tuzamiz:

$$\lg y = -1,958 + 1,404 \lg x; \quad \lg y = -1,958 + \lg x^{1,404};$$

$$\hat{y} = 10^{-1,958} \cdot x^{1,404}; \quad \hat{y} = 0,011 \cdot x^{1,404}.$$

Ushbu tenglamaga x ning haqiqiy qiymatlarini almashtirib $\hat{y}_x$ natijaning nazariy qiymatlarini olamiz. Olingan tenglama uchun $\bar{A}$ - o'rtacha aproksimatsiya xatosini topamiz.

$$\bar{A} = 13,9\%.$$

Darajali modelining xususiyatlari darajali modelni ahamiyatli deb hisoblash mumkin.

1d. Ko'rsatkichli modeli $y = a_0 \cdot a_1^x$ ni qurish uchun o'zgaruvchilarni chiziqli ko'rinishga almashtirish jarayonidan amalga oshiriladi. O'zgaruvchilarni chiziqli ko'rinishga almashtirish uchun tenglamaning har ikki qismini logarifmalash kerak bo'ladi:

$$\lg y = \lg a_0 a_1^x; \quad \lg y = \lg a_0 + x \cdot \lg a_1; \quad Y = C + B \cdot x,$$

Bu yerda, $Y = \lg y$, $C = \lg a_0$, $B = \lg a_1$.

Hisob-kitoblar amalga oshirish uchun ushbu 1.6-jadvaldan foydalanamiz.

1.6-jadval

	y	x	Y	Yx	Y^2	x^2	$\hat{y}_x$	$y - \hat{y}_x$	$(y - \hat{y}_x)^2$	A_i
1	2391	6452	3,3786	21798,6	11,4148	41628304	2611,3	-220,3	48515,1	9,2
2	3425	8175	3,5347	28895,9	12,4938	66830625	3323,6	101,4	10290,1	3,0
3	4407	10848	3,6441	39531,7	13,2798	117679104	4831,9	-424,9	180501,1	9,6
4	3252	7956	3,5122	27942,7	12,3352	63297936	3223,2	28,8	828,7	0,9
5	2783	7385	3,4445	25437,7	11,8647	54538225	2975,6	-192,6	37093,1	6,9
6	5650	13376	3,7520	50187,4	14,0779	178917376	6883,5	1233,5	1521493,1	21,8

7	2871	6582	3,4580	22760,8	11,9580	43322724	2659,2	211,8	44851,6	7,4
8	2965	7678	3,4720	26658,2	12,0550	58951684	3100,2	-135,2	18274,6	4,6
9	3500	7244	3,5441	25673,2	12,5604	52475536	2917,4	582,6	339379,2	16,6
10	2766	7706	3,4419	26522,9	11,8463	59382436	3112,4	-346,4	119964,8	12,5
11	4821	8928	3,6831	32883,0	13,5655	79709184	3693,0	1128,0	1272300,9	23,4
12	3071	6836	3,4873	23839,0	12,1611	46730896	2755,5	315,5	99556,4	10,3
13	2862	9094	3,4567	31434,9	11,9486	82700836	3779,9	-917,9	842470,6	32,1
14	11858	15927	4,0740	64886,8	16,5976	253669329	9837,9	2020,1	4080873,3	17,0
Jami		124187,0	49,8832	448452,9	178,1586	1199834195	37564863174	917,6	8616392,6	175,3
O'rtacha qiymat		8870,5	3,6	32032,3	12,7	85702442,5			615456,6	12,5
σ		2648,90	0,1733							
σ^2		7016672,25	0,0300							

Regressiya tenglamasining C va B qiymatlarni hisoblaymiz:

$$B = \frac{\bar{Y} \cdot \bar{x} - \bar{\bar{Y}} \cdot \bar{\bar{x}}}{\sigma_x^2} = \frac{32032,3 - 3,6 \cdot 8870,5}{7016672} = \frac{32032,3 - 31933,8}{7016672} = \frac{98,5}{7016672} \approx 0,00006$$

$$C = \bar{\bar{Y}} - B \cdot \bar{\bar{x}} = 3,6 - 0,00006 \cdot 8870,5 = 3,6 - 0,5322 \approx 3,0245.$$

Quyidagi chiziqli tenglama hosil bo'ladi: $\hat{Y} = 3,0245 + 0,00006x$.

Almashtirishlarni bajarib quyidagi tenglamani tuzamiz:

$$\hat{y} = 10^{3,0245} \cdot 10^{0,00006x} = 1059,25 \cdot 1,00014^x.$$

Olingan tenglama uchun ρ_{xy} - korrelyatsiya indeksini hisoblaymiz.

$$\rho_{xy} = \sqrt{1 - \frac{\sum (y - \hat{y}_x)^2}{\sum (y - \bar{y})^2}} = 0,942.$$

Korrelyatsiya indeksiga ko'ra omillar o'rtasida kuchli bog'lanish mavjud.

Ko'rsatkichli modelning aproksimatsiya xatoligi 12,5% uf teng. Ko'rsatkichli modelning xususiyatlaridan ko'rish mumkinki, u darajali model va chiziqli funksiyalarga nisbatan yaxsh ekan.

1e. Teng tomonli giperbolik model $y = a_0 + a_1 \cdot \frac{1}{x}$ ni chiziqli ko'rinishga almashtirish uchun $z = \frac{1}{x}$ o'zgarishni amalga oshiramiz, u holda tenglama $y = a_0 + a_1 z$ ko'rinishga keladi.

Hisob-kitoblar amalga oshirish uchun ushbu 1.7-jadvaldan foydalanamiz.

1.7-jadval

	y	z	yz	z^2	y^2	$\hat{y}_x$	$y - \hat{y}_x$	$(y - \hat{y}_x)^2$	A_i
1	2391	0,00015	0,3706	0,00000002 4	5716881	1611,9	779,1	606963,6	32,6
2	3425	0,00012	0,4190	0,00000001 5	11730625	3912,9	-487,9	238001,7	14,2
3	4407	0,00009	0,4063	0,00000000 8	19421649	6035,9	-1628,9	2653362,4	37,0
4	3252	0,00013	0,4087	0,00000001 6	10575504	3675,7	-423,7	179507,1	13,0
5	2783	0,00014	0,3768	0,00000001 8	7745089	2991,2	-208,2	43328,1	7,5
6	5650	0,00007	0,4224	0,00000000 6	31922500	7263,1	-1613,1	2602016,0	28,6
7	2871	0,00015	0,4362	0,00000002 3	8242641	1827,5	1043,5	1088803,1	36,3
8	2965	0,00013	0,3862	0,00000001 7	8791225	3355,1	-390,1	152199,6	13,2
9	3500	0,00014	0,4832	0,00000001 9	12250000	2805,5	694,5	482322,1	19,8
10	2766	0,00013	0,3589	0,00000001 7	7650756	3388,5	-622,5	387458,0	22,5
11	4821	0,00011	0,5400	0,00000001 3	23242041	4639,6	181,4	32923,4	3,8
12	3071	0,00015	0,4492	0,00000002 1	9431041	2225,2	845,8	715430,8	27,5
13	2862	0,00011	0,3147	0,00000001 2	8191044	4783,6	-1921,6	3692409,6	67,1
14	11858	0,00006	0,7445	0,00000000 4	14061216 4	8106,5	3751,5	14073674,1	31,6
Jami	56622,0	0,0017	6,1167	0,00000021	30552316 0	56622	0,0	26948399,8	354,8
O'rta- cha qiymat	4044,4	0,0001205	0,436907 3	0,00000002	21823082, 9			1924885,7	25,3
σ	2337,88	0,0000267							
σ^2	5465680,3 9	0,000000000 7							

Regressiya tenglamasining a_0 va a_1 parametrlarining qiymatlari:

$$a_1 = \frac{\bar{y} \cdot \bar{z} - \bar{y} \cdot \bar{z}}{\sigma_z^2} = \frac{0,4369073 - 4044,4 \cdot 0,0001205}{0,0000000007} = -70436991,7$$

$$a_0 = \bar{y} - b \cdot \bar{z} = 4044,4 + 70436991,7 \cdot 0,0001205 = 12529,0.$$

Quyidagi tenglama hosil bo'ladi: $\hat{y} = 12529 - 70436991,7 \cdot \frac{1}{x}$.

Olingan tenglama uchun: $\rho_{xy} = \sqrt{1 - \frac{1924885,7}{5465680}} = 0,8049..$

$\bar{A} = 25,3\%$. Aproximatsiya xatoligi 15% dan yuqori bo'lganligi uchun olingan giperbolik tenglamani ahamiyatli deb bo'lmaydi.

2-misol.

Viloyatlarning biri uchun 1995-2009 yillar bo'yicha iste'mol xarajatlari va shaxsiy daromad haqida ma'lumotlar keltirilgan. (1.8-jadval).

1.8-jadval

Yillar	Iste'mol xarajatlari, ming so'm, y	Shaxsiy daromadlar, ming so'm, x
1995	195,0	207,7
1996	209,8	207,7
1997	219,8	238,7
1998	238,0	252,5
1999	238,0	256,9
2000	256,9	274,4
2001	269,9	292,9
2002	285,2	308,8
2003	293,2	317,9
2004	313,5	337,1
2005	328,2	349,9
2006	337,3	364,7
2007	356,8	384,6
2008	375,0	402,5
2009	399,2	431,8

Topish kerak:

1. x ga nisbatan y ning juft chiziqli regressiya tenglamasini toping .
2. Juftlik korrelyasiyasining chiziqli koeffitsiyentini va aproksimatsiya xatosini hisoblang.

3. Regressiya va korrelyasiya parametrlarining statistik ahamiyatlilikini baholang.
4. Viloyat aholisining shaxsiy daromadlari 110% ga oshganda iste'mol xarajatlari hajmi prognozini aniqlang.
5. Prognoz xatosini va uning ishonch oralig'ini hisoblab, prognozning aniqligini baholang.

Yechilishi.

Chiziqli regressiya tenglamasining parametrlarini hisoblash uchun quyidagi jadvalni quramiz. (1.9-jadval).

1.9-jadval

	y	x	yx	y^2	x^2	$\hat{y}_x$	$y-\hat{y}_x$	$(y-\hat{y}_x)^2$	A_i
1	195,0	207,7	40501,50	38025,00	43139,29	197,4	-2,36	5,6	1,2
2	209,8	207,7	43575,46	44016,04	43139,29	197,4	12,44	154,68	5,9
3	219,8	238,7	52466,26	48312,04	56977,69	225,2	-5,44	29,5	2,5
4	238,0	252,5	60095,00	56644,00	63756,25	237,6	0,36	0,1	0,2
5	238,0	256,9	61142,20	56644,00	65997,61	241,6	-3,60	13,0	1,5
6	256,9	274,4	70493,36	65997,61	75295,36	257,3	-0,43	0,2	0,2
7	269,9	292,9	79053,71	72846,01	85790,41	274,0	-4,07	16,5	1,5
8	285,2	308,8	88069,76	81339,04	95357,44	288,3	-3,06	9,4	1,1
9	293,2	317,9	93208,28	85966,24	101060,41	296,4	-3,24	10,5	1,1
10	313,5	337,1	105680,85	98282,25	113636,41	313,7	-0,21	0,0	0,1
11	328,2	349,9	114837,18	107715,24	122430,01	325,2	2,98	8,9	0,9
12	337,3	364,7	123013,31	113771,29	133006,09	338,5	-1,22	1,5	0,4
13	356,8	384,6	137225,28	127306,24	147917,16	356,4	0,39	0,1	0,1
14	375,0	402,5	150937,50	140625,00	162006,25	372,5	2,49	6,2	0,7
15	399,2	431,8	172374,56	159360,64	186451,24	398,9	0,35	0,1	0,1
Jami	4315,80	4628,10	1392674,21	1296850,64	1495960,9			256,4	17,3
O'rtacha a qiymat	287,72	308,54	92844,95	86456,71	99730,73			17,10	1,2
σ	60,6128	67,3335							
σ^2	3673,91	4533,80							

$$a_1 = \frac{\overline{y \cdot x} - \bar{y} \cdot \bar{x}}{\overline{x^2} - (\bar{x})^2} = \frac{92844,95 - 287,72 \cdot 308,54}{99730,73 - 308,54^2} = 0,8991;$$

$$a_0 = \bar{y} - a_1 \cdot \bar{x} = 287,72 - 0,8991 \cdot 308,54 = 10,6191$$

Quyidagi tenglama hosil bo'ladi: $\hat{y} = 10,6191 + 0,8991 \cdot x$.

Demak regressiya tenglamasiga ko'ra shahsiy daromadlar 1000 so'mga oshganda iste'mol xarajatlari 899 so'mga oshishini ko'rish mumkin.

2. Chiziqli bog'lanishning yaqinligi korrelyasiya koeffitsiyenti tomonidan baholanadi:

$$r_{xy} = a_1 \frac{\sigma_x}{\sigma_y} = 0,8991 \frac{67,3335}{60,6128} = 0,9977; \quad r_{xy}^2 = 0,9954.$$

Bu shuni anglatadiki, iste'mol xarajatlari (y) ning 99% o'zgarishi x – saxsiy daromadlar bilan izohlanar ekan.

Modelning sifati aproksimatsiya o'rtacha xatoligi bilan aniqlanadi:

$$\bar{A} = \frac{1}{n} \sum A_i = \frac{17,3}{15} = 1,2\%.$$

Qurilgan modelning sifati 8-15% dan oshmaydigan darajada yaxshi deb baholanadi.

3. Regressiya parametrlarining statistik ahamiyatini baholash Styudentning *t*-mezoni va har bir ko'rsatkichning ishonch oralig'ini hisoblash orqali amalga oshiriladi.

$a_0 = a_1 = r_{xy} = 0$ ko'rsatkichlar statistik jihatdan ahamiyatsiz nolda farqli ekanligi to'g'risidagi H_0 gipotezani ilgari suramiz.

t_{jadv} qiymat $df = n - 2 = 15 - 2 = 13$ erkinlik darajalari soni va $\alpha = 0,05$ da 2,1604 ni tashkil qiladi.

Tasodifiy xatolarni aniqlaymiz.

Regressiya koeffitsiyentlarini baholash uchun Styudentning *t*-mezonini hisoblash formulasidan foydalanamiz.

$$t_{his_{a_0}} = \frac{a_0}{S_{a_0}}, \quad t_{his_{a_1}} = \frac{a_1}{S_{a_1}}, \quad t_{r_{xy}} = r_{xy} \sqrt{\frac{n-2}{1-r_{xy}^2}}.$$

Bu yerda,

$$S_{a_0} = S_e \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}; \quad S_{a_1} = \frac{S_e}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}; \quad S_e = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_x)^2}{n-2}}.$$

$$S_e = \sqrt{\frac{256,4}{15-2}} = 4,44, \quad S_{a_0} = 4,44 \sqrt{\frac{1495960,9}{13 \cdot 68006,94}} = 5,78, \quad S_{a_1} = \frac{4,44}{\sqrt{68006,94}} = 0,017.$$

$$t_{his a_0} = \frac{a_0}{S_{a_0}} = \frac{10,6191}{5,78} = 1,84, \quad t_{his a_1} = \frac{a_1}{S_{a_1}} = \frac{0,8991}{0,017} = 52,89,$$

$$t_{r_{xy}} = 0,9977 \sqrt{\frac{15-2}{1-0,9954}} = 0,9977 \sqrt{\frac{13}{0,0046}} = 0,9977 \sqrt{2,826} = 0,9977 \cdot 1,68 = 1,6761.$$

Hisoblangan qiymatlarni jadval qiymatlar bilan solishtiramiz:

$$t_{a_0} = 1,84 < t_{jadv} = 2,1604; \quad t_{a_1} = 52,89 > t_{jadv} = 2,1604; \quad t_{r_{xy}} = 1,6761 < t_{jadv} = 2,1604.$$

Natijalarga ko'ra a_1 parametr uchun H_0 gipoteza rad etiladi, yani a_1 parametr statistik jihatdan ahamiyatli. a_0 parametr va r_{xy} korrelyasiya koeffitsiyenti uchun esa H_0 gipoteza qabul qilinadi, yani a_0 parametr va r_{xy} korrelyasiya koeffitsiyenti statistik jihatdan ahamiyatli emas deb qabul qilish mumkin.

a_0 va a_1 parametrlar uchun ishonch oraliqlarini hisoblash uchun quyidagi formulardan foydalanamiz:

$$a_0 - t_{1-\alpha, n-2} \cdot S_{a_0} < \tilde{a}_0 < a_0 + t_{1-\alpha, n-2} \cdot S_{a_0}; \quad a_1 - t_{1-\alpha, n-2} \cdot S_{a_1} < \tilde{a}_1 < a_1 + t_{1-\alpha, n-2} \cdot S_{a_1}$$

$$10,6191 - 2,1604 \cdot 5,78 < \tilde{a}_0 < 10,6191 + 2,1604 \cdot 5,78;$$

$$0,8991 - 2,1604 \cdot 0,017 < \tilde{a}_1 < 0,8991 + 2,1604 \cdot 0,017$$

$$-1,860 < \tilde{a}_0 < 23,106; \quad 0,8624 < \tilde{a}_1 < 0,9358$$

Ishonch oralig'ining yuqori va pastki chegaralarini tahlil qilish, a_0 va a_1 parametrlarni $\rho = 1 - \alpha = 0,95$ ehtimol bilan bog'liq degan xulosaga olib keladi.

Ishonch oralig'ining yuqori va pastki chegaralarini tahlil qilish shuni ko'rsatadiki, a_0 parametr $\rho = 1 - \alpha = 0,95$ ehtimol ahamiyatsiz, chunki oraliq nolni qabul qiladi. a_1 parametr esa $\rho = 1 - \alpha = 0,95$ ehtimol bilan ahamiyatli, chunki nolni qabul qilmaydi.

4. Regressiya tenglamasining olingan baholari uni prognoz qilish uchun ishlatishga imkon beradi. Agar mavjud viloyat aholisining shaxsiy daromadlari $x_p = \bar{x} \cdot 1,1 = 308,54 \cdot 1,1 = 339,39$ ni tashkil qilsa, iste'mol xarajatlarining prognoz qiymati $\hat{y}_p = 10,6191 + 0,8991 \cdot 339,39 = 315,76$ ni, yani 315760 so'mni tashkil etadi.

5. Prognoz xatosi quyidagicha bo'ladi:

$$S_{y_a} = S_{qol} \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(x_p - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}} = 4,44 \sqrt{1 + \frac{1}{15} + \frac{(339,39 - 308,54)^2}{68006,94}} = 4,44 \cdot 0,084 = 0,373.$$

Prognozning ishonch oralig'i quyidagicha bo'ladi:

$$315,76 - 2,1604 \cdot 0,373 \leq \hat{y}_p \leq 315,76 + 2,1604 \cdot 0,373,$$

$$314,95 \leq \hat{y}_p \leq 316,57$$

Bu oraliqdan iste'mol xarajatlarining prognoz qiymati ishonchli ekanligini ko'rish mumkin.

3-misol.

Bir hil mahsulot ishlab chiqaradigan korxonalar guruhiga ko'ra, ishlab chiqarish birligining narxi 1.10-jadvalda keltirilgan omillarga bog'liq.

1.10-jadval

Omil belgi	Juft regressiya tenglamasi	Omilning o'rtacha qiymati
Mahsulot hajmi, mln. so'm, x_1	$\hat{y}_{x_1} = 0,62 + 58,74 \frac{1}{x_1}$	$\bar{x}_1 = 2,64$
Mahsulot ishlab chiqarish birligiga ketadigan ishchi kuchi, kishi-soat, x_2	$\hat{y}_{x_2} = 9,30 + 9,83x_2$	$\bar{x}_2 = 1,38$
1 kvt energiya uchun ulgurji narx, mln. so'm, x_3	$\hat{y}_{x_3} = 11,75 + x_3^{1,6281}$	$\bar{x}_3 = 1,503$
Davlat tomonidan chiqarilgan daromad ulushi, %, x_4	$\hat{y}_{x_4} = 14,87 \cdot 1,016^{x_4}$	$\bar{x}_4 = 26,3$

Topish kerak.

1. Elastiklik koeffitsiyentlari yordamida har bir omilning natijaga ta'siri kuchini aniqlang.
2. Ta'sir kuchi bilan omillarni baholang.

Yechilishi.

1. Teng tomonli giperbol tenglamasi uchun $\hat{y}_{x_1} = 0,62 + 58,74 \frac{1}{x_1}$:

$$\bar{\epsilon}_{yx_1} = f'(x_1) \frac{\bar{x}_1}{\bar{y}} = -\frac{a_1}{\frac{-2}{x_1^3}} \cdot \frac{\bar{x}_1}{a_0 + a_1 / \bar{x}_1} = -\frac{a_1}{a_0 \cdot \bar{x}_1 + a_1} = -\frac{58,74}{0,62 \cdot 2,64 + 58,74} = -0,973\%.$$

To'g'ri chiziq tenglamasi uchun $\hat{y}_{x_2} = 9,30 + 9,83x_2$:

$$\bar{\epsilon}_{yx_2} = f'(x_2) \frac{\bar{x}_2}{\bar{y}} = \frac{a_1 \cdot \bar{x}_2}{a_0 + a_1 \cdot \bar{x}_2} = \frac{9,83 \cdot 1,38}{9,30 + 9,83 \cdot 1,38} = 0,59\%.$$

Darajali tenglama uchun $\hat{y}_{x_3} = 11,75 + x_3^{1,6281}$:

$$\bar{\mathcal{Y}}_{yx_3} = f'(x_3) \frac{\bar{x}_3}{y} = a_0 \cdot a_1 \cdot \bar{x}_3^{a_1-1} \cdot \frac{\bar{x}_3}{a_0 \cdot \bar{x}_3^{a_1}} = a_1 = 1,63\%.$$

Ko'rsatkichli tenglama uchun $\hat{y}_{x_4} = 14,87 \cdot 1,016^{x_4}$:

$$\bar{\mathcal{Y}}_{yx_4} = f'(x_4) \frac{\bar{x}_4}{y} = a_0 \cdot a_1^{\bar{x}_3} \cdot \ln a_1 \cdot \frac{\bar{x}_4}{a_0 \cdot a_1^{\bar{x}_3}} = \ln a_1 \cdot \bar{x}_4 = \ln 1,016 \cdot 26,3 = 0,42\%.$$

2. $\bar{Y}_{y_{x_i}}$ qiymatlarni taqqoslab, biz x_j ni ishlab chiqarish birligining narxiga ta'sir kuchiga ko'ra baholaymiz:

a) $\bar{\mathcal{Y}}_{yx_1} = -0,973\%$; d) $\bar{\mathcal{Y}}_{yx_3} = 1,63\%$;

b) $\bar{\mathcal{Y}}_{yx_2} = 0,59\%$; e) $\bar{\mathcal{Y}}_{yx_4} = 0,42\%$.

Bir guruh korxonalarning ishlab chiqarish xarajatlari darajasini shakllantirish uchun energiya narxlari ustuvor ahamiyatga ega; ishlab chiqarishning murakkabligi va foydaning chegirib tashlanadigan qismi ancha past darajada ta'sir ko'rsatadi. Ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirishda omil-ishlab chiqarish hajmi: uning 1% o'sishi bilan ishlab chiqarish birligining narxi -0,97% ga kamayadi.

4-misol.

20 ta oilalarga ko'ra, aholi jon boshiga daromad A mahsulot iste'moli bog'liqligi quyidagicha ifodalanadi:

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

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

Dispersiya qoldig'i $\sigma_{qol}^2 = 0,06$.

Topish kerak.

Olingan natijalarni dispersion tahlil qilish.

Yechilishi.

Dispersion tahlil natijalari 1.11-jadvalda keltirilgan.

1.11-jadval

y natijaning o'zgarishi	Erkinlik darajalari soni	Chetlanish kvadratlari yig'indisi, S	bir erkinlik darajasi uchun dispersiyasi, D	F_{his}	$F_{jad} \alpha=0,25, k_1=1, k_2=18$
Umumiy	$df=n-1=19$	6,316	-	-	-
Omili	$k_1=m-1$	5,116	5,116	76,7	4,41
Qoldiqli	$k_2=n-m-1=18$	1,200	0,0667	-	-

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

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

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

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

$F_{his} = 76,7 > F_{jadv} = 4,4$ bo'lganligi tufayli omil va qoldiq dispersiyalar o'rtasidagi farqlarning tasodifiyligi haqidagi gipoteza rad etiladi. Bu farqlar muhim, statistik jihatdan ahamiyatli, tenglama ishonchli, mazmunli, aloqa tezligi ishonchli va mahsulot iste'molining aholi jon boshiga to'g'ri keladigan daromadga barqaror bog'liqligini aks ettiradi.

5-masala. x va y omillar to'g'risidagi ma'lumotlar 1.12-jadvalda keltirilgan. Chiziqli va nochiziqli bog'lanish zichligi darajasi va mavjudligini tekshirish.

Topsh kerak.

1. r_{xy} juft korrelyasiya chiziqli koeffitsiyenti va R korrelyasiya indeksini hisoblang.
2. r_{xy} juft korrelyasiya chiziqli koeffitsiyenti va R korrelyasiya indeksini berilgan α ahamiyatlilik darajasida ahamiyatlilikini tekshiring.
3. r_{xy} juft korrelyasiya ahamiyatli chiziqli koeffitsiyenti ishonchlilik intervallarini quring.
4. Chiziqli va darajali modellarni quring.

Yechilishi.

Boshlang'ich ma'lumotlar

1.12-jadval

tumanlar	x	y	tumanlar	x	y
1	113	39	12	120	34
2	124	37	13	125	39
3	124	36	14	118	37
4	122	36	15	122	35
5	128	26	16	133	54
6	140	43	17	136	36
7	117	31	18	136	35
8	113	40	19	138	34
9	122	48	20	124	48
10	139	64	21	123	30
11	126	39	22	149	59

R korrelyasiya indeksini hisoblash uchun $\hat{y} = 0,09 \cdot x^{1,25}$ bog'liqlikdan foydalanimiz, ahamiyatlilik darajasini $\alpha = 0,05$ deb olamiz.

1. 1.13-jadval ma'lumotlaridan foydalanib σ_x , σ_y va r_{xy} larni hisoblaymiz.

1.13-jadval

Hisoblashlarning oraliq natijalari

№	x	y	x^2	y^2	xy	$\hat{y}$	$(\hat{y} - y)^2$	$(y - \bar{y})^2$
1	113	39	12769	1521	4407	33,16	34,13	1,00
2	124	37	15376	1369	4588	37,24	0,06	9,00
3	124	36	15376	1296	4464	37,24	1,54	16,00
4	122	36	14884	1296	4392	36,49	0,24	16,00
5	128	26	16384	676	3328	38,75	162,52	196,00
6	140	43	19600	1849	6020	43,34	0,12	9,00
7	117	31	13689	961	3627	34,63	13,19	81,00
8	113	40	12769	1600	4520	33,16	46,81	0,00
9	122	48	14884	2304	5856	36,49	132,44	64,00
10	139	64	19321	4096	8896	42,95	442,90	576,00
11	126	39	15876	1521	4914	37,99	1,01	1,00
12	120	34	14400	1156	4080	35,75	3,05	36,00
13	125	39	15625	1521	4875	37,62	1,91	1,00
14	118	37	13924	1369	4366	35,00	3,99	9,00
15	122	35	14884	1225	4270	36,49	2,22	25,00
16	133	54	17689	2916	7182	40,65	178,23	196,00
17	136	36	18496	1296	4896	41,80	33,63	16,00
18	136	35	18496	1225	4760	41,80	46,23	25,00
19	138	34	19044	1156	4692	42,57	73,42	36,00
20	124	48	15376	2304	5952	37,24	115,76	64,00
21	123	30	15129	900	3690	36,87	47,14	100,00
22	149	59	22201	3481	8791	46,85	147,58	361,00
Yig'indi	2792	880	356192	37038	112566	844,081	1488,136	1838
O'rtacha qiymati	126,91	40	16190,55	1683,545	5116,636	38,367	67,643	83,545

$$\sigma_x = \sqrt{\overline{x^2} - \bar{x}^2} = \sqrt{16190,55 - (126,91)^2} = 9,199,$$

$$\sigma_y = \sqrt{\overline{y^2} - \bar{y}^2} = \sqrt{1683,545 - 40^2} = 9,140,$$

$$r_{xy} = \frac{\overline{yx} - \bar{y} \cdot \bar{x}}{\sigma_x \sigma_y} = \frac{5116,636 - 126,91 \cdot 40}{9,199 \cdot 9,140} = 0,479.$$

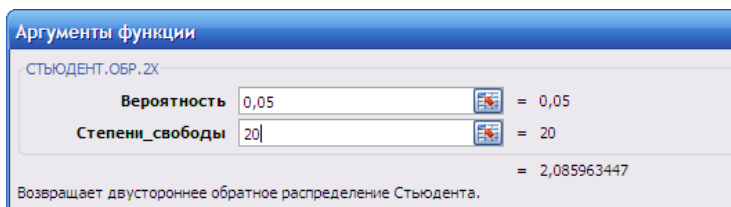
R -ni hisoblaymiz.

$$R = \sqrt{1 - \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{y}_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = \sqrt{1 - \frac{148,136}{1838}} = 0,436.$$

2. r_{xy} ahamiyatlilikini tekshiramiz.

$$t_r = \frac{r_{xy}}{\sqrt{\frac{1-r_{xy}^2}{(n-2)}}} = \frac{0,479}{\sqrt{\frac{1-0,479^2}{22-2}}} = 2,44.$$

t_{jadv} ni ilovadgi 2-ilovadan yoki MS Excel dasturining СТЮДЕНТ.ОБР.2Х statistik funksiyadan (1.1-rasm) foydalanib aniqlash mumkin.



1.1-rasm. MS Excel dasturining СТЮДЕНТ.ОБР.2Х statistik funksiyasi ilovasi oynasi

$\alpha = 0,05$ da va erkinlik darajasi $k = n - 2 = 20 - 2 = 20$ da $t_{jadv} = t_{1-\alpha, n-2} = 2,086$ bo'ladi. Demak, $t_r = 2,44 > t_{1-\alpha, n-2} = 2,086$ bo'lganligidan korrelyasiya koeffitsiyenti ahamiyatli hisoblanadi.

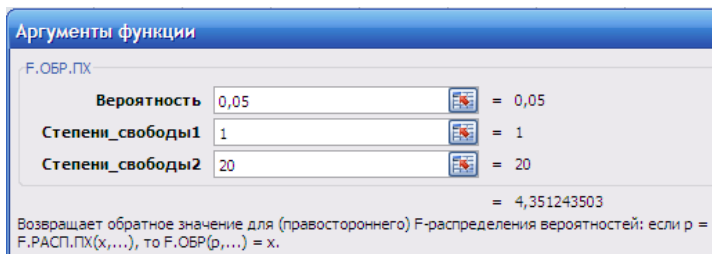
(1.7) formuladan R korrelyasiya indeksi ahamiyatlilikini tekshiramiz. Fisherning F -mezonini topamiz.

$$F_r = \frac{R^2}{1-R} (n-2) = \frac{0,436^2}{1-0,436^2} (22-2) = 4,702$$

Fisherning kritik qiymatini 3-ilova yoki 4-ilovalardan yoki MS Excel dasturining F.ОБР.ПХ statistik funksiyasidan (1.2-rasm) foydalanib aniqlash mumkin.

$\alpha = 0,05$ da va erkinlik darajalari $k_1 = 1$, $k_2 = n - 2 = 22 - 2 = 20$ da $F_{jadv} = 4,35$ bo'ladi. Demak, $F_r = 4,702 > F_{jadv} = 4,35$ bo'lganligidan 5% xatolik bilan korrelyasiya indeksini ahamiyatli deb hisoblash kerak bo'ladi va tekshirilayotgan bog'liqlik mavjudligini 95% ehtimoliligini rad etib bo'lmaydi, lekin $F_r = 4,702$ va $F_{jadv} = 4,35$ qiymatlarning

yaqinligini hisobga olsak bog‘liqlikni amaliy mavjud emas deb hisoblash kerak, yani adekvat emas.



1.2-rasm. MS Excel dasturining F.ОБР.ПХ statistik funksiyasi ilovasi oynasi

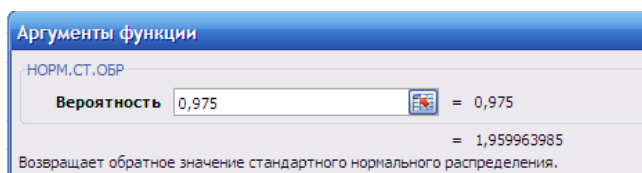
3. Korryelyasiya koeffitsiyenti r_{xy} ga mos ishnochlilik intervalini quramiz. (1.8-1.10).

Fisher almashtirishlarining kattalgini aniqlaymiz.

$$z = \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{1+r_{xy}}{1-r_{xy}} = \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{1+0,479}{1-0,479} = 0,522.$$

Standart normal taqsimotning $1-\alpha/2=1-0,05/2=0,975$ tartibli $t_{1-\alpha/2}$ kvantilini aniqlash uchun MS Excel HOPM.CT.OBP statistik funksiyasi (1.3-rasm) yoki ilovadagi 1-ilovadan foydalanishimiz mumkin.

$$t_{1-\alpha/2} = HOPM.CT.OBP(0,975) = 1,959$$



1.3-rasm. MS Excel dasturining HOPM.CT.OBP statistik funksiyasi ilovasi oynasi

1-ilovadan $t_{1-\alpha/2}$ ni olish uchun $1-\alpha/2=0,5 \phi(t_{1-\alpha/2})$ munosabatdan foydalanimiz, ya'ni $1-\alpha/2=0,5$ qiymatni o'zida saqllovchi jadvaldagi

katankni aniqlash va t ning qiymatini ustun raqamining 0,01 ga ko'paytganiga qo'shish kerak:

$$(t_{1-\alpha/2}) = t + N_{ustun} \cdot 0,01 = 1,9 + 0,06 = 1,96$$

$$t_{1-\alpha/2} \cdot \sqrt{\frac{1}{n-3}} = 1,96 \cdot \sqrt{\frac{1}{22-3}} = 1,96 \cdot 0,2294 = 0,450 \text{ ni hisoblaymiz.}$$

z qiymat uchun $(z^-; z^+)$ ishonchlilik intervallari chegaralarini hisoblaymiz

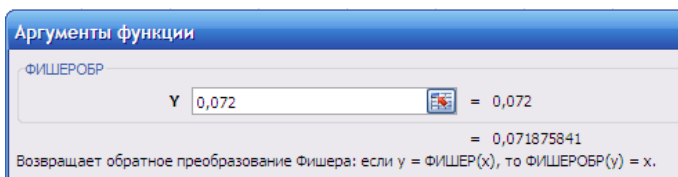
$$z^- = z' - t_{1-\alpha/2} \cdot \sqrt{\frac{1}{n-3}} = 0,522 - 0,45 = 0,072,$$

$$z^+ = z' + t_{1-\alpha/2} \cdot \sqrt{\frac{1}{n-3}} = 0,522 + 0,45 = 0,972.$$

r_{xy} uchun (r^-, r^+) ishonchlilik intervallari chegaraviy qiymatlarini aniqlaymiz.

$r = Z^{-1}(z)$ qiymatni aniqlash uchun MS Excel dagi ФИШЕРОБР (1.4-rasm) statistik funksiyasidan foydalanimiz.

$$r^- = Z^{-1}(z^-) = Z^{-1}(0,072) = 0,072; \quad r^+ = Z^{-1}(z^+) = Z^{-1}(0,972) = 0,075.$$



1.4-rasm. MS Excel dasturining ФИШЕРОБР statistik funksiyasi ilovasi oynasi

r_{xy} uchun qidirilayotgan ishonchlilik intervali $(0,072, 0,75)$ qiymatga ega.

4. Chiziqli regressiyaning a_0 va a_1 (1.13) koeffitsiyentlarini 1.14-jadvalda keltirilgan oraliq hisoblashlar natijasidan foydalanib hisoblaymiz.

Chiziqli regressiya uchun hisoblashlarning oraliq natijalari

Kuza- tishlar soni	x	y	x^2	y^2	xy	$\hat{y}$	$ (\hat{y}-y)/y $	$(\hat{y}-y)^2$	$(y-\bar{y})^2$
1	113	39	12769	1521	4407	33,381	0,144	31,57	1,00
2	124	37	15376	1369	4588	38,616	0,044	2,61	9,00
3	124	36	15376	1296	4464	38,616	0,073	6,84	16,00
4	122	36	14884	1296	4392	37,664	0,046	2,77	16,00
5	128	26	16384	676	3328	40,519	0,558	210,81	196,00
6	140	43	19600	1849	6020	46,230	0,075	10,43	9,00
7	117	31	13689	961	3627	35,284	0,138	18,36	81,00
8	113	40	12769	1600	4520	33,381	0,165	43,81	0,00
9	122	48	14884	2304	5856	37,664	0,215	106,84	64,00
10	139	64	19321	4096	8896	45,754	0,285	332,92	576,00
11	126	39	15876	1521	4914	39,567	0,015	0,32	1,00
12	120	34	14400	1156	4080	36,712	0,080	7,36	36,00
13	125	39	15625	1521	4875	39,092	0,002	0,01	1,00
14	118	37	13924	1369	4366	35,760	0,034	1,54	9,00
15	122	35	14884	1225	4270	37,664	0,076	7,10	25,00
16	133	54	17689	2916	7182	42,899	0,206	123,24	196,00
17	136	36	18496	1296	4896	44,326	0,231	69,33	16,00
18	136	35	18496	1225	4760	44,326	0,266	86,98	25,00
19	138	34	19044	1156	4692	45,278	0,332	127,19	36,00
20	124	48	15376	2304	5952	38,616	0,196	88,07	64,00
21	123	30	15129	900	3690	38,140	0,271	66,26	100,00
22	149	59	22201	3481	8791	50,513	0,144	72,04	361,00
Yig'i n-di	2792	880	356192	37038	112566	880	3,596	1416,3 71	1838
O'rta- cha miqd o-ri	126, 91	40	16190, 55	1683, 55	5116,636	40	0,163	64,381	83,545

$$a_1 = \frac{\overline{yx} - \bar{y} \cdot \bar{x}}{\overline{x^2} - \bar{x}^2} = \frac{5116,636 - 126,91 \cdot 40}{16190,55 - 126,91^2} = 0,476.$$

$$a_0 = \bar{y} - a_1 \cdot \bar{x} = 40 - 126,91 \cdot 0,476 = -20,39.$$

Chiziqli regressiya tenglamasi $y = -20,39 + 0,476 \cdot x$.

2) $\hat{y}_x = a_0 \cdot x^{a_1}$ darajali modelni qurish uchun $x' = \ln x$, $y' = \ln y$ yangi o'zgaruvchilarni kiritamiz va oraliq hisoblashlarni bajaramiz (1.15-jadval).

Darajali regressiya uchun hisoblashlarning oraliq natijalari

Kuza- tishlar soni	$\ln x$	$\ln y$	$\ln^2 x$	$\ln^2 y$	$\ln x \cdot \ln y$	$\hat{y}$	$ \hat{y} - y / y $	$(\hat{y} - y)^2$	$(y - \hat{y})^2$
1	4,727	3,664	22,348	13,422	17,319	33,850	0,132	26,52	1,00
2	4,820	3,611	23,235	13,039	17,406	38,065	0,029	1,13	9,00
3	4,820	3,584	23,235	12,842	17,274	38,065	0,057	4,26	16,00
4	4,804	3,584	23,079	12,842	17,215	37,291	0,036	1,67	16,00
5	4,852	3,258	23,542	10,615	15,808	39,623	0,524	185,59	196,00
6	4,942	3,761	24,420	14,147	18,587	44,373	0,032	1,88	9,00
7	4,762	3,434	22,678	11,792	16,353	35,371	0,141	19,10	81,00
8	4,727	3,689	22,348	13,608	17,439	33,850	0,154	37,82	0,00
9	4,804	3,871	23,079	14,986	18,597	37,291	0,223	114,68	64,00
10	4,934	4,159	24,349	17,296	20,522	43,973	0,313	401,09	576,00
11	4,836	3,664	23,390	13,422	17,718	38,842	0,004	0,02	1,00
12	4,787	3,526	22,920	12,435	16,882	36,520	0,074	6,35	36,00
13	4,828	3,664	23,313	13,422	17,689	38,453	0,014	0,30	1,00
14	4,771	3,611	22,759	13,039	17,227	35,753	0,034	1,55	9,00
15	4,804	3,555	23,079	12,640	17,080	37,291	0,065	5,25	25,00
16	4,890	3,989	23,916	15,912	19,508	41,588	0,230	154,05	196,00
17	4,913	3,584	24,134	12,842	17,605	42,777	0,188	45,93	16,00
18	4,913	3,555	24,134	12,640	17,466	42,777	0,222	60,48	25,00
19	4,927	3,526	24,278	12,435	17,375	43,573	0,282	91,65	36,00
20	4,820	3,871	23,235	14,986	18,660	38,065	0,207	98,70	64,00
21	4,812	3,401	23,157	11,568	16,367	37,678	0,256	58,95	100,00
22	5,004	4,078	25,039	16,626	20,404	48,007	0,186	120,85	361,00
Yig'in -di	106,50 0	80,638	515,67	296,56	390,50	863,08	3,403	1437,85	1838,0 0
O'rta- cha qiyma -ti	4,841	3,665	23,44	13,48	17,750	39,231	0,155	65,357	83,545

(1.17) formulalar yordamida quyidagini hosil qilamiz.

$$\ln a_0 = \frac{1}{n} \sum \ln y - \frac{1}{n} a_1 \sum \ln x, \quad a_1 = \frac{n \sum (\ln x \cdot \ln y) - \sum \ln x \sum \ln y}{n \sum (\ln x)^2 - (\sum \ln x)^2}.$$

Parametrlarni topamiz:

$$a_1 = \frac{\overline{\ln x \cdot \ln y} - \overline{\ln x} \cdot \overline{\ln y}}{\overline{\ln^2 x} - \overline{\ln x}^2} = \frac{39,231 - 4,841 \cdot 3,665}{23,439 - 4,841^2} = 1,263,$$

$$\ln a_0 = \frac{1}{n} \sum \ln y - \frac{1}{n} a_1 \sum \ln x = 3,665 - 1,263 \cdot 4,841 = 2,451,$$

$$a_0 = e^{2,451} = 0,0862.$$

Ko'rsatkichli regressiya tenglamasini ko'rinishi quyidagicha bo'ladi:

$$\hat{y}_x = 0,0862 \cdot x^{1,263}.$$

3) Sifat ko'rsatkichlarini hisoblash: korrelyasiya indeksi R (1.5), determinatsiya koeffitsiyenti R^2 , o'rtacha kvadratik hatolik ε (1.21), o'rtacha aproksimatsiya xatoligi $\bar{A}$ (1.22).

Chiziqli model uchun (1.14-jadval)

$$R = \sqrt{1 - \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = \sqrt{1 - \frac{1416,371}{1838}} = 0,479,$$

$$R^2 = R \cdot R = 0,479 \cdot 0,479 = 0,229,$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}{n}} = \sqrt{\frac{1416,371}{22}} = \sqrt{64,381} = 8,024,$$

$$\bar{A} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y - \hat{y}}{y} \right| \cdot 100\% = \frac{1}{22} 3,596 \cdot 100\% = 16,3\%.$$

Darajali modellar uchun

$$R = \sqrt{1 - \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = \sqrt{1 - \frac{1437,853}{1838}} = 0,467,$$

$$R^2 = R \cdot R = 0,467 \cdot 0,467 = 0,218$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}{n}} = \sqrt{\frac{1437,853}{22}} = \sqrt{65,357} = 8,084,$$

$$\bar{A} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y - \hat{y}}{y} \right| \cdot 100\% = \frac{1}{22} 3,403 \cdot 100\% = 15,5\%.$$

Regressiya tenglamasini ahamiyatliligini tekshirish.

Chiziqli modellar uchun (1.14-jadval)

$$F_{his} = \frac{R^2}{1 - R^2} \cdot \frac{n - m - 1}{m} = \frac{0,229}{1 - 0,229} \cdot \frac{22 - 1 - 1}{1} = 5,95.$$

Аргументы функции

F.ОБР.ПХ

Вероятность = 0,05

Степени_свободы1 = 1

Степени_свободы2 = 20

= 4,351243503

Возвращает обратное значение для (правостороннего) F-распределения вероятностей: если p = F.РАСП.ПХ(x,...), то F.ОБР(p,...) = x.

$$F_{jadv,0,05} = F.OBP.PIX(0,05;1;20) = 4,35.$$

$$F_{jadv,0,01} = F.OBP.PIX(0,01;1;20) = 8,10.$$

Chiziqli tenglama $\alpha=0,05$ uchun ahamiyatli, $\alpha=0,01$ uchun ahamiyatli emas.

Darajali modellar uchun (1.15-jadval)

$$F_{his} = \frac{R^2}{1-R^2} \cdot \frac{n-m-1}{m} = \frac{0,218}{1-0,218} \cdot \frac{22-1-1}{1} = 5,57.$$

Chiziqli modelga o'xshash darajali tenglama $\alpha=0,05$ ehtimol bilan ahamiyatli, $\alpha=0,01$ ehtimol bilan ahamiyatli emas.

5) Eng yaxshi regressiya tenglamasini aniqlash. (O'rtacha aproksimatsiya xatoligi bo'yicha).

$\bar{A}_{chiz} = 16,3\% > \bar{A}_{dar} = 15,5\%$ bo'lganligidan, darajali model kamroq xatolikni ko'rsatmoqda.

6) Chiziqli regressiya koeffitsiyentlari ahamiyatligini tekshirishda S_{qol}^2 qoldiq dispersiyani baholashni 1.14-jadvaldan foydalanib aniqlaymiz.

$$S_{qol}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}{n-2} = \frac{1416,37}{22-2} = 70,8.$$

Regressiya koeffitsiyentlari standart xatolarini S_{a_0} va S_{a_1} ni hisoblaymiz.

$$S_{a_1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2 / (n-2)}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}} = \frac{\sqrt{S_{qol}^2}}{\sigma_x \sqrt{n}} = \frac{\sqrt{70,8}}{9,199 \cdot \sqrt{22}} = 0,195,$$

$$S_{a_0} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}{(n-2)} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}} = \sqrt{S_{qol}^2} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n \sigma_x^2}} = \sqrt{70,8} \cdot \frac{\sqrt{356192}}{22 \cdot 9,199} = 24,82.$$

Hisoblaymiz (1.24)

$$t_{a_0} = \frac{a_0}{S_{a_0}} = \frac{-20,39}{24,81} = -0,82, \quad t_{a_1} = \frac{a_1}{S_{a_1}} = \frac{0,476}{0,195} = 2,44.$$

$t_{1-\alpha, n-2}$ qiymatini ilovadagi 2-ilova bo'yicha hisoblaymiz.

$\alpha = 0,05$ va ozodlik darajasi $k = n - 2 = 22 - 2 = 20$ da $t_{1-\alpha, n-2} = 2,09$ ni olamiz.

$|t_{a_0}| = 0,82 < t_{1-\alpha, n-2} = 2,09$ ekanligidan, a_0 koeffitsiyentning ahamiyatsizligini xulosa qilsak bo'ladi.

$|t_{a_1}| = 2,44 > t_{1-\alpha, n-2} = 2,09$ ekanligidan esa, a_1 ning koeffitsiyentning ahamiyatligini isbotlaymiz.

7) Chiziqli regressiya tenglamasidan $\tilde{a}_0$ va $\tilde{a}_1$ parametrlar aniq qiymatlari uchun ishonchlik oraliqlarini aniqlash. (1.25)-(1.28).

$\tilde{a}_0$ koeffitsiyent qiymati ahamiyatli bo'lmagani uchun $\tilde{a}_0$ parametr aniq qiymat uchun ishonchlik oraliqlarini aniqlash shart emas.

$\tilde{a}_1$ parametr aniq qiymati uchun ishonchlik oraliqlari quyidagicha bo'ladi.

$$(0,476 - 2,09 \cdot 0,195; 0,476 + 2,09 \cdot 0,195) = (0,68; 0,88).$$

8) Chiziqli regressiya tenglamalari bo'yicha $x = x_{\max}$ qiymat uchun nuqtali oraliq prognozlarni qurish uchun

$$x_{\max} = 149.$$

Nuqtali prognoz y_p

$$y_p = -20,39 + 0,476 \cdot x_{\max} = -20,39 + 0,476 \cdot 149 = 50,53.$$

Hisoblaymiz

$$S_{y_p} = S_{qol} \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(x_{\max} - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}} = \sqrt{70,8} \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{22} + \frac{(149 - 126,9)^2}{1861,7}} = 8,65.$$

Oraliqli prognoz (1.30)

$$(y_p - t_{1-\alpha, n-2} \cdot S_{y_p}; y_p + t_{1-\alpha, n-2} \cdot S_{y_p}) = (50,53 - 2,09 \cdot 8,65; 50,53 + 2,09 \cdot 8,65) = (32,45; 68,6).$$

9) Chiziqli regressiya tenglamasi bo'yicha o'rtacha elastiklik koeffitsiyentini aniqlash (1.26).

$$\bar{\vartheta} = a_1 \frac{\bar{x}}{y} = 0,476 \cdot \frac{126,91}{40} = 1,51.$$

Natijalar:

1. Juft korrelyasiya chiziqli koreffitsiyenti $r_{xy}=0,479$ va korrelyasiya indeksi $R=0,436$.
2. r_{xy} va R lar uchun korrelyasiya koeffitsiyenti statistik ahamiyatli.
3. r_{xy} uchun ishonchlilik oralig'i (0,072; 0,75).
4. Chiziqli regressiya tenglamasi $\hat{y}_x = -2039 + 0,476 \cdot x$.
5. Darajali regressiya tenglamasi $\hat{y}_x = 0,0862 \cdot x^{1,263}$.
6. Sifat va aniqlilik ko'rsatkichlari

Chiziqli model uchun (1.14-jadval)

$$R = 0,479,$$

$$R^2 = 0,229,$$

$$\varepsilon = 8,024,$$

$$\bar{A} = 16,3\%.$$

Darajali model uchun (1.15-jadval)

$$R = 0,467,$$

$$R^2 = 0,218,$$

$$\varepsilon = 8,084,$$

$$\bar{A} = 15,5\%.$$

7. Chiziqli tenglama $\alpha=0,05$ ahamiyatli va $\alpha=0,01$ da ahamiyatsiz.
- Darajali tenglama $\alpha=0,05$ ahamiyatli va $\alpha=0,01$ da ahamiyatsiz.
8. Darajali model kichikroq xatolikni beradi.
9. a_0 koeffitsiyent ahamiyatsiz, a_1 koeffitsiyent ahamiyatli.
10. $\tilde{a}_1$ parametr aniq qiymati uchun ishonchlilik oraliqlari (0,68, 0,88)
11. Nuqtali prognoz $y = 50,53$
- Oraliq prognoz (32,45; 68,6)
12. $y=1,51$ o'rtacha elastiklik koeffitsiyenti.

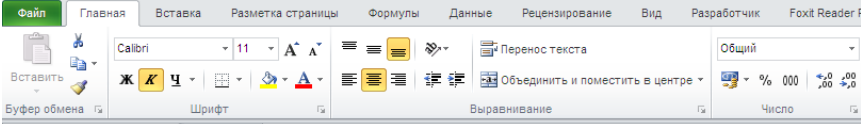
1.3. Masalalarni axborot texnologiyalarini qo'llab yechish

1. Korrelyatsion va regression tahlil uchun MS Excel imkoniyatidan foydalanish

Korrelyatsion tahlil

Jadvalda berilgan x_j ning ma'lumotlari asosida korrelyatsion matritsa $\{r_{x_j x_j}\}$ (juft korrelyatsiya matritsasi) ni tuzamiz.

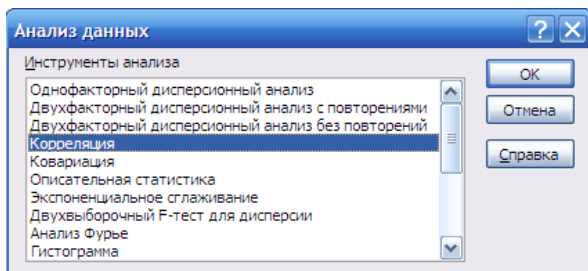
Berilgan ma'lumotlarni B2 yacheykadan C17 yacheykagacha joylashtiramiz. So'ngra MS Excel jadval muharririning “Данные, Анализ данных, Корреляция” funksiyasidan foydalanimiz (1.5- va 1.6-rasmlar).



The screenshot shows the MS Excel interface with the following data table:

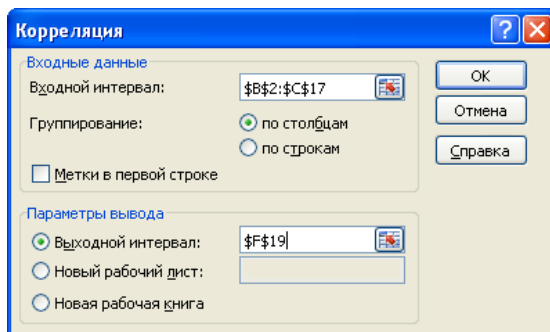
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Shahar tartib raqami, n	Aholi jon boshiga o'rtacha pul daromadlari, x	Aholi jon boshiga o'rtacha chakana savdo aylanmasi, y							
2	1	3357	2425							
3	2	3135	2050							
4	3	2842	1683							
5	4	3991	2375							
6	5	2293	1167							
7	6	3340	1925							
8	7	3089	1042							
9	8	4372	2925							
10	9	3563	2200							
11	10	3219	1892							
12	11	3308	2008							
13	12	3724	2225							
14	13	3416	1983							
15	14	3022	2342							
16	15	3383	2458							
17	16	4267	2125							

1.5-rasm. “Данные, Анализ данных” funksiyasini chaqirish



1.6-rasm. «Данные, Анализ данных, Корреляция» fuksiyasini chaqirish

«Данные, Анализ данных, Корреляция» fuksiyasini oynasi ochiladi (1.7-rasm). Berilgan oynaning ko'rsatilgan diapazoniga ("Входной интервал") kerakli yacheykalar adresini va olingan qiymatlarni chiqarish uchun chiqarish dipazoniga ("Выходной интервал") yacheyka adresini kiritish kerak.



1.7-rasm. «Данные, Анализ данных, Корреляция» fuksiyasi oynasi

Ko'rsatilgan F19 yacheykasidan boshlab qidirilayotgan matritsa hosil bo'ladi (1.8-rasm).

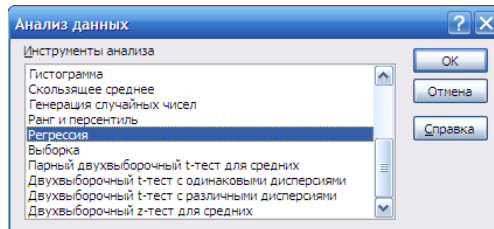
	Столбец 1	Столбец 2
Столбец 1	1	
Столбец 2	0,706715432	1

1.8-rasm. Korrelyatsion matritsa

Regression tahlil

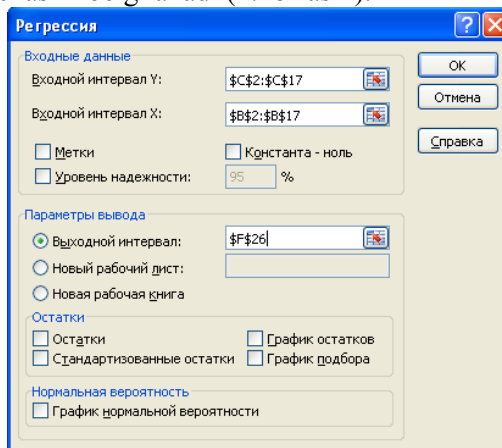
Berilgan ma'lumotlar asosida regressiya tenglamasini qurishni ko'rib chiqamiz.

Chiziqli ko'p omilli regressiya tenglamasini qurish uchun MS Excel jadval muharririning «Данные, Анализ данных, Регрессия» funksiyasini chaqiramiz (1.9-rasm, 1.10-rasm).



1.9-rasm. «Данные, Анализ данных, Регрессия» fuksiyasi oynasi

Ochilgan oynaga berilgan ma'lumotlar joylashgan yacheykalar dipazonini («Входной интервал Y», «Входной интервал X») va natija joylashadigan yacheykani («Выходной интервал Y») kiritamiz (1.10-rasm). Natijalar joylashadigan joyni kerakligini belgilaymiz. Agar ozod hadsiz regressiya tenglamasi kerak bo'lsa «Константа - ноль» bayroqchasini belgilanadi (1.10-rasm).



1.10-rasm. «Данные, Анализ данных, Регрессия» fuksiyasiga parametrlarni kiritish oynasi

«Данные, Анализ данных, Регрессия» fuksiyasi bajarilgandan so‘ng natijalar ishchi varaqning kerakli yacheykasida quyidagi ko‘rinishda hosil bo‘ladi (1.11-rasm).

F	G	H	I	J	K	L	M	N
ВЫВОД ИТОГОВ								
Регрессионная статистика								
Множественный R	0,706715432							
R-квадрат	0,499446702							
Нормированный R-квадрат	0,463692895							
Стандартная ошибка	343,4722518							
Наблюдения	16							
Дисперсионный анализ								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>			
Регрессия	1	1647973,309	1647973	13,96905	0,002207			
Остаток	14	1651624,628	117973,2					
Итого	15	3299597,938						
	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>
Y-пересечение	-108,5905755	584,3082977	-0,18584	0,855232	-1361,81	1144,626	-1361,81	1144,626
Переменная X 1	0,636263125	0,170236752	3,737519	0,002207	0,271142	1,001385	0,271142	1,001385

1.11-rasm. «Данные, Анализ данных, Регрессия» fuksiyasining regression tahlil natijasi

Natijalar qo‘yidagi uchta jadvalda ko‘rsatilgan.

1.16-jadval

Korrelyatsion tahlil natijalari

Множественный R	0,707	Ко‘p omilli R korrelyasiya koeffitsiyenti
R-квадрат	0,499	Determinatsiya koeffitsiyenti R^2
Нормированный R-квадрат	0,464	Modifikatsiya qilingan determinatsiya koeffitsiyenti R
Стандартная ошибка	343,472	R ning standart hatoligi
Наблюдения	16	Kuzatishlar soni

1.17-jadval

Dispersion tahlil natijalari

Izoh	Ozodlik darajasi soni	Cheklanishlar kvadratlari yig'indisi	Egrilik darajasiga dispersiya	Fisher statistikasi	Ahamiyatlilik darajasi
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
Регрессия	1	1647973,3	1647973	13,969	0,002207
Остаток	14	1651624,6	117973,2		
Итого	15	3299547,9			

Jadvaldagi SS ni quyidagi yig'indilardan tashkil topgan:

$$\text{Regressiya} = \frac{1}{n} \sum (\bar{y}_i - \bar{y})^2; \text{Qoldiq} = \frac{1}{n} \sum (\bar{y}_i - y_i)^2; \text{Jami} = \frac{1}{n} \sum (y_i - \bar{y})^2.$$

Jadvaldagi *F* Fisher *F*-myezoning hisoblangan qiymatini va “*Значимость F*” regressiya tenglamasining ahamiyatlik darajasining eng kichik qiymati α_0 ni beradi. $\alpha > \alpha_0$ shart bajarilganda regressiya tenglamalari ahamiyatli hisoblanadi.

1.18-jadval

Regression tahlil natijalari

Izoh	Regressiya tenglamasi koeffitsiyentlari	Koeffitsiyentlarni aniqlanish-dagi standart hatoligi	<i>t</i> -statistika	α Ehtimollik hatoligi	95% dan quyi limitlar	95% dan yuqori limitlar
Ko'rsatkichlar	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>
Y-пересечение	-108,598	584,3083	0,1858	0,8552	1361,81	1144,626
Переменная X 1	0,636	0,1702	3,7375	0,0022	0,271142	1,001385

Qidirilayotgan chiziqli regressiya tenglamasining koeffitsiyentlari regression tahlil natijalari jadvalining “Коэффициенты” ustunidan olinadi va regressiya tenglamasining ko‘rinishi quyidagicha bo‘ladi

$$\hat{y} = -108,598 + 0,636x.$$

1.4. Nazorat topshoriqlari

1-topshiriq.

Olingan funksiyalar:

1. $y = a + bx^3 + \varepsilon$,
2. $y = a + b \ln x + \varepsilon$,
3. $\ln y = a + b \ln x + \varepsilon$,
4. $y = a + bx^c + \varepsilon$,
5. $y^a = b + cx^2 + \varepsilon$,
6. $y = 1 + a(1 - x^b) + \varepsilon$,
7. $y = a + b \frac{x}{10} + \varepsilon$.

Topish kerak.

Yuqoridagi funksiyalardan qaysi biri o'zgaruvchilar bo'yicha chiziqli, parametrlar bo'yicha chiziqli, o'zgaruvchilar va parametrlar bo'yicha chiziqli bo'lmaganligini aniqlang.

2-topshiriq.

N-brendli televizorlarga bo'lgan talabni o'rganish jarayonida, ABC tashkilotning tahlil bo'limi shu kompaniyaning 19 ta savdo nuqtalari bo'yicha to'plangan ma'lumotlarga ko'ra quyidagi bog'liqlikni aniqladi.:

$$\ln y = 10,5 - 0,8 \ln x + \varepsilon$$

(2,5) (-4,0)

Bu yerada, y - N markali televizorlarni ma'lum bir savdo do'konida sotish hajmi, x - berilgan savdo do'konidagi televizorlarning o'rtacha narxi;

Qavslar ichida regressiya tenglamasi parametrlari uchun Styudent t -testining haqiqiy qiymatlari keltirilgan.

Topish kerak.

Ushbu tadqiqotdan oldin kompaniya ma'muriyati N markali televizorlarga talab narxining elastikligini -0,9 deb taxmin qildi va tadqiqot natijalari shuni tasdiqladimi?

3-topshiriq.

A , B va C modeldagi mahsulotlarning uch turi uchun, belgilangan xarajatlarning mahsulot ishlab chiqarish hajmiga bog'liqligi modellari quyidagicha ifodalanadi:

$$y_A = 600,$$

$$y_B = 80 + 0,7x,$$

$$y_C = 40x^{0,5}.$$

Topish kerak.

1. Har bir mahsulot turi uchun elastiklik koeffitsiyentlarini aniqlang va ularning ma'nosini tushuntiring.

2. B va C mahsulotlarini $x=1000$ qiymatidagi elastiklikni taqqoslang.

3. B va C mahsulotlarning elastiklik koeffitsiyentlari teng bo'lishi uchun tayyorlanayotgan mahsulot hajmi qanday bo'lishi kerakligini aniqlang.

4-topshiriq.

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

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

Bundan tashqari, quyidagilar ham ma'lum bo'lsin:
 $r_{xy} = -0,5; \quad n = 20.$

Topish kerak.

1. Ushbu modelda regressiya koeffitsiyentining ishonchlilik oralig'ini yarating:

- a) 90% aniqlik bilan;
- b) 99% aniqlik bilan.

2. 1 topshiriqda olingan natijalarni tahlil qiling va ularning farqlanish sabablarini tushuntiring.

5-topshiriq.

y mahsulotlarni iste'mol qilishning x mahsulotni ishlab chiqarish hajmiga bog'liqligi o'rganilmoqda. 20 ta kuzatuv asosida quyidagi regressiya tenglamasi variantlari olingan:

$$1. y = 3 + \underset{(6,48)}{2} \cdot x + \varepsilon$$

$$2. \ln y = 2,5 + \underset{(6,48)}{0,2} \cdot \ln x + \varepsilon, \quad r^2 = 0,68.$$

$$3. \ln y = 1,1 + \underset{(6,2)}{0,8} \cdot \ln x + \varepsilon, \quad r^2 = 0,69.$$

$$4. y = 3 + \underset{(3,0)}{1,5} \cdot x + \underset{(2,65)}{0,1} \cdot x^2, \quad r^2 = 0,701.$$

Qavslar ichida t -mezonining haqiqiy qiymatlari berilgan.

Topish kerak.

1. tenglama uchun determinatsiya koeffitsiyentini aniqlang.
2. 2- va 3-tenglamalardagi y ning x ga bog'liqligini ifodalovchi funksiyalarni yozing .
3. Har bir tenglama uchun elastiklik koeffitsiyentlarini aniqlang.
4. Eng yaxshi regressiya tenglamasini tanlang.

6-topshiriq.

30 ta savdo korxonalari bo'yicha quyidagi belgilarning bog'liqligi o'rganilmoqda: x - A tovar narxi (ming so'm), y - savdo korxonasi foydasi, (mln. so'm).

Regressiya modelini baholashda quyidagi oraliq natijalar olingan:

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

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

Topish kerak.

1. Ushbu ma'lumotlardan qaysi korrelyasiya indeksini aniqlash mumkinligini tushuntiring.
2. Fisher F -mezonining qiymatini hisoblash uchun dispersion tahlil qilish jadvalini tuzing.
3. F -mezonining haqiqiy qiymatini jadval bilan taqqoslang. Xulosa chiqaring.

7-topshiriq.

O'rtacha oylik mehnat unumdorligi ishchilarning yoshiga bog'liqligi quyidagi model bilan tavsiflanadi: $y = a + bx + cx^2$. Bu modeldan foydalanish natijalari 1.1-jadvalda keltirilgan.

1.1-jadval

k/r	Mehnat unumdorligi, ming so'm, y		k/r	Mehnat unumdorligi, ming so'm, y	
	haqiqiy	hisoblangan		haqiqiy	hisoblangan
1	120	100	6	110	120
2	80	100	7	120	130
3	130	130	8	90	100
4	150	140	9	110	100
5	160	150	10	90	90

Topish kerak.

Model sifatini aproksimatsiya xatoligi, korrelyasiya indeksi va Fisherning F -mezonini aniqlash orqali baholang.

8-topshiriq.

$y = a_0 a_1^x$ tenglama yordamida korxona foydasini modellashtirish 1.2-jadvalda keltirilgan natijalarga olib keldi.

1.2-jadval

k/r	Korxona daromadi, mln. so'm, y		k/r	Korxona daromadi, mln. so'm, y	
	haqiqiy	hisoblangan		haqiqiy	hisoblangan
1	10	11	5	18	20
2	12	11	6	11	11
3	15	17	7	13	14
4	17	15	8	19	16

Topish kerak.

Modelning sifatini baholang. Buning uchun:

- aproksimatsiya xatologini aniqlang;
- foydani modelda o'rganilgan omil bilan chambarchas bog'lanish ko'rsatkichini toping;
- F -mezonning qiymatini hisoblang. Xulosa chiqaring.

9-topshiriq.

$y = a_0 x^{a_1}$ ko'rinishdagi bog'liqlik o'rganilgan. Logarifmlarda o'zgartirilgan o'zgaruvchilar uchun quyidagi ma'lumotlar olingan:

$$\begin{aligned}\sum xy &= 4,2087; & \sum x &= 8,2370; \\ \sum x^2 &= 9,2334; & \sum y &= 3,9310; \\ \sum (y - \hat{y}_x)^2 &= 0,0014.\end{aligned}$$

Topish kerak.

- a_1 parametrni toping.
- $\sigma_y = 0,08$ hisobga olgan holda korrelyasiya indeksini toping. Uning ahamiyatini baholang.
- $n=9$ ekanini bilgan holda, uning ahamiyatini baholang.

10-topshiriq.

Klasterning 15 ta korxonasi bo'yicha y - ishlab chiqarish hajmi (ming dona) ning x - ishchilar soni (kishi) soniga bog'liqligi quyidagicha tavsiflanadi:

Regressiya tenglamasi: $y = 30 - 0,4x + 0,04x^2$;

Jami qoldiq dispersiyasining ulushi: 20% .

Topish kerak.

Aniqlang:

- a) korrelyasiya indeksini;
- b) regressiya tenglamasining ahamiyatini;
- d) ishchilar soni 30 kishini tashkil etadi deb hisoblasak, elastiklik koeffitsiyenti.

11-topshiriq.

Bir xil mahsulot ishlab chiqaruvchi 10 ta korxona guruhi uchun y - (mln. so'm) ishlab chiqarish birligining tannarxining x - (mln. so'm) texnik vositalar bilan ta'minlanganlik darajasi bilan bog'liqlik regressiya tenglamasi olindi: $y = 20 + \frac{700}{x}$. Jami qoldiq dispersiyasining ulushi 0,19.

Topish kerak.

Aniqlang:

- a) faol ishlab chiqarish fondlarining qiymati 200 million so'mni tashkil etsa, elastiklik koeffitsiyentini;
- b) korrelyasiya indeksini;
- v) Fisher F -mezononi. Xulosa chiqaring.

12-topshiriq.

K tovarlariga bo'lgan talabning uning narxiga bog'liqligi 20 ta kuzatuv bilan quyidagi tenglama bilan tavsiflanadi: $\lg y = 1,75 - 0,35 \lg x$. Umumiy qoldiq dispersiyasining umumiy miqdori 18% ni tashkil etdi.

Topish kerak.

- 1. Ushbu tenglamani darajali funksiya shaklida yozing.
- 2. Mahsulotga bo'lgan talabning elastikligini uning narxiga qarab baholang.

3. Korrelyatsiya indeksini aniqlang.
4. Fisher F -mezoni orqali regressiya tenglamasining ahamiyatligini baholang. Xulosa chiqaring.

13-topshiriq.

1.3-jadvalda viloyatdagi 20 ta fermer xo'jaligi bo'yicha quyidagi ma'lumotlar olingan:

1.3-jadval

Ko'rsatkich	O'rta qiymat	Variatsiya koeffitsiyenti
Hosildorlik, s/ga	27	20
1 ga ekin maydoniga solingan o'g'it miqdori, kg	5	15

Fisherning F -mezoni haqiqiy qiymati 45 ni tashkil etdi.

Topish kerak.

1. Chiziqli determinatsiya koeffitsiyentini aniqlang.
2. Chiziqli regressiya tenglamasini tuzing.
3. Elastiklikning umumiy koeffitsiyentini toping.
4. Yerga solingan o'g'itlar miqdorining o'zining o'rtacha darajasidan 10% ga ko'payishini tahmin qilgan holda hosildorlikning kutilayotgan qiymati 0,95 ehtimollik bilan ishonchlilik oralig'ini ko'rsating.

14-topshiriq.

Ikki turdagi A va B mahsulotlar uchun korxona xarajatlarining y (ming so'm) ishlab chiqarish hajmi x (birlik) ga bog'liqligi jadvalda keltirilgan ma'lumotlar bilan tavsiflanadi (1.4-jadval).

1.4-jadval

Regressiya tenglamasi	Korrelyatsiya koeffitsiyenti	Kuzatuvlar soni
$y_A = 160 + 0,8x$	0,85	30
$y_B = 50x^{0,6}$	0,72	25

Topish kerak.

1. Regressiya tenglamalarida 0,8 va 0,6 qiymatlarining ma'nosini tushuntiring.

2. A va B mahsulotlarini ishlab chiqarish hajmidan xarajatlarning moslashuvchanligini 500 ta mahsulotni ishlab chiqarish bilan taqqoslang.
3. A mahsulotining chiqishi qanday bo'lganda uning xarajatlari egiluvchanligi B mahsulot tannarxining moslashuvchanligiga to'g'ri keladi.
4. Har bir regressiya tenglamasining ahamiyatini Fisher F -mezonidan foydalanib baholang.

15-topshiriq.

Sotish hajmi y (ming dollar) ning reklama xarajatlariga x (ming dollar) bog'liqligi konsernning 12 korxonasi uchun quyidagicha tavsiflanadi.

Regressiya tenglamasi: $y = 10,6 + 0,6x$.

x ning o'rtacha kvadratik chetlanishi: $\sigma_x = 4,7$.

y ning o'rtacha kvadratik chetlanishi: $\sigma_y = 3,4$.

Topish kerak.

1. Korrelyatsiya koeffitsiyentini aniqlang.
2. Regressiya tenglamasining ahamiyatligini to'raligicha baholash uchun dispersiyani tahlil qilish jadvalini tuzing.
3. Regressiya koeffitsiyentini hisoblashda standart xatoni toping.
4. Styudentning t -mezoni orqali regressiya koeffitsiyentining ahamiyatini baholang.
5. 0,95 ehtimollik bilan regressiya koeffitsiyentining ishonchlilik oralig'ini aniqlang va iqtisodiy xulosa chiqaring.

16-topshiriq.

Mamlakatning 20 ta hududlari bo'yocha ishsizlik darajasi y (%) ning iste'mol narxlari indeksi x (o'tgan yilga nisbatan, %) ga bog'liqligi o'rganildi. Dastlabki ko'rsatkichlarning logarifmlari to'g'risidagi ma'lumotlar jadvalda keltirilgan.

Ko'rsatkich	$\ln x$	$\ln y$
O'rtacha qiymati	0,6	1,0
O'rtacha kvadratik chetlanish	0,4	0,2

Dastlabki ko'rsatkichlarning logarifmlari o'rtasidagi korrelyasiya koeffitsiyenti $r_{\ln x \ln y} = 0,8$ bo'lganligi ham ma'lum.

Topish kerak.

1. Ishsizlik darajasining iste'mol narxlar indeksiga bog'liqligi regressiya tenglamasini darajali funksiya shaklida toping.
2. Ushbu regressiya modelining elastiklik koeffitsiyentiga izoh bering.
3. Determinatsiya koeffitsiyentining qiymatini aniqlang va uning ma'nosini tushuntiring.

17-topshiriq.

10 ta bir hil mahsulot ishlab chiqaruvchi korxona hajmiga nisbatan mahsulot moddiy iste'molining bog'liqligi o'rganilgan (1.5-jadval).

1.5-jadval

Ko'rsatkich	Korxonalar bo'yicha mahsulotning moddiy iste'moli									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Iste'mol qilinadigan materiallar ishlab chiqarish birligi, kg	9	6	5	4	3,7	3,6	3,5	6	7	3,5
Mahsulot ishlab chiqarish, ming birlik	100	200	300	400	500	600	700	150	120	250

Topish kerak.

1. Tenglama parametrlarini toping $y = a + \frac{b}{x}$.
2. Korrelyatsiya indeksidan foydalanib, bog'liqligini baholang.
3. Mahsulotning moddiy iste'moli o'zgarishining elastikligini tavsiflang.
4. Regressiya tenglamasining ahamiyati haqida xulosa qiling.

18-topshiriq.

Hududlar bo'yicha 2017 yil uchun ma'lumotlar ma'lum. (1.6-jadval).

1.6-jadval

Hududlar	Hududlar bo'yicha aholi jon boshiga chakana savdo tovar aylanmasi, ming so'm, y	Aholi jon boshiga yalpi ichki (hududiy) mahsulot hajmi, ming so'm, x
Andijon	2721,4	6 429,7
Buxoro	3559,8	8 888,1

Jizzax	2622,0	6 967,3
Qashqadaryo	2302,9	7 257,6
Navoiy	4565,0	14 975,0
Namangan	2365,6	5 419,0
Samarqand	2436,7	6 937,2
Surxondaryo	2871,2	5 506,7
Sirdaryo	2271,0	7 945,8
Toshkent	3932,0	9 787,6
Farg'ona	2509,2	5 521,9
Xorazm	2204,9	6 397,8
Toshkent sh.	9591,6	16 658,0

Topish kerak.

1. Korrelyatsiya maydonini yarating va aloqa shakli haqida gipotezani tuzing.
2. Chiziqli, darajali, eksponensial, teskari, giperbolik bo'lgan juft regressiya tenglamalarining parametrlarini hisoblang.
3. Korrelyatsiya va aniqlik ko'rsatkichlaridan foydalangan holda munosabatlarning zichligini baholang.
4. Elastiklikning o'rtacha (umumiy) koeffitsiyentidan foydalanib, natija bilan omilning bog'lanish kuchini qiyosiy baholang.
5. Aproksimatsiya o'rtacha xatosidan foydalanib, tenglamalar sifatini baholang.
6. Fisherning F -mezonidan foydalanib, regression modellashtirish natijalarining statistik ishonchliligini baholang. Avvalgi paragraflarda hisoblangan xarakteristikalarining qiymatlari bo'yicha eng yaxshi regressiya tenglamasini tanlang va uni asoslang.
7. Agar omilning prognoz qiymati o'rtacha darajadan 10% ga oshsa, natijaning prognoz qiymatini hisoblang. $\alpha=0,05$ ahamiyatlilik darajasi uchun taxmin qilingan ishonch oralig'ini aniqlang
8. Natijalarni baholang, xulosalarni analitik usulda ifodalang.

19-topshiriq.

Respublika hududlariga ko'ra 2018 yil uchun ma'lumotlar ma'lum. (1.7-jadval).

7-jadval

Hududlar	Hududlar bo'yicha pensionerlarga tayinlangan o'rtacha oylik pensiya miqdori, ming som, y	Hududlar bo'yicha ko'rsatilgan xizmatlar hajmi, mlrd. so'm, x
Qoraqalpog'iston Respublikasi	643,6	4 600,2
Andijon	552,1	8 011,5
Buxoro	654,6	6 631,6
Jizzax	581,4	3 283,2
Qashqadaryo	589,8	7 064,1
Navoiy	830,0	3 925,6
Namangan	554,8	6 067,7
Samarqand	624,7	10 043,5
Surxondaryo	599,2	6 079,6
Sirdaryo	657,6	2 031,4
Toshkent	694,8	11 292,9
Farg'ona	579,0	9 237,9
Xorazm	605,3	4 562,8
Toshkent sh.	844,7	50 176,2

Topish kerak.

1. Korrelyatsiya maydonini yarating va aloqa shakli haqida gipotezani tuzing.
2. Chiziqli, darajali, eksponensial, yarimlogarifmik, teskari, giperbolik bo'lgan juft regressiya tenglamalarining parametrlarini hisoblang.
3. Korrelyatsiya va aniqlik ko'rsatkichlaridan foydalangan holda munosabatlarning zichligini baholang.
4. Elastiklikning o'rtacha (umumiy) koeffitsiyentidan foydalanib, natija bilan omilning bog'lanish kuchini qiyosiy baholang.
5. Aproksimatsiya o'rtacha xatosidan foydalanib, tenglamalar sifatini baholang.
6. Fisher F-mezonidan foydalanib, regression modellashtirish natijalarining statistik ishonchligini baholang. Avvalgi paragraflarda hisoblangan xarakteristikalarining qiymatlari bo'yicha eng yaxshi regressiya tenglamasini tanlang va uni asoslang.
7. Agar omilning prognoz qiymati o'rtacha darajadan 10% ga oshsa, natijaning prognoz qiymatini hisoblang. $\alpha=0,05$ ahamiyatlilik darajasi uchun taxmin qilingan ishonch oralig'ini aniqlang
8. Natijalarni baholang, xulosalarni analitik usulda ifodalang.

20-topshiriq.

Respublika hududlari bo'yicha 2018 yil holatida quyidagi ma'lumotlar berilgan (1.8- jadval).

1.8-jadval

Hududlar	O'rtacha ish haqi va ijtimoiy nafaqalar, ming som, y	Hududlar bo'yicha aholi jon boshiga umumiy daromadlari, ming som, x
Qoraqalpog'iston Respublikasi	615	6451,8
Andijon	727	8174,5
Buxoro	584	10848,4
Jizzax	753	7955,5
Qashqadaryo	707	7384,8
Navoiy	657	13375,6
Namangan	654	6582,1
Samarqand	693	7678,2
Surxondaryo	704	7244,2
Sirdaryo	780	7706,0
Toshkent	830	8928,4
Farg'ona	780	6836,0
Xorazm	554	9094,4
Toshkent sh.	1220	15927,1

Topish kerak.

1. Korrelyatsiya maydonini yarating va bog'liqlik shakli haqida gipotezani tuzing.
2. Chiziqli, darajali, eksponensial, yarimlogarifmik, teskari, giperbolik bo'lgan juft regressiya tenglamalarining parametrlarini hisoblang.
3. Korrelyatsiya va aniqlik ko'rsatkichlaridan foydalangan holda munosabatlarning zichligini baholang.
4. elastiklikning o'rtacha (umumiy) koeffitsiyentidan foydalanib, natija bilan omilning bog'lanish kuchini qiyosiy baholang.
5. Aproksimatsiya o'rtacha xatosidan foydalanib, tenglamalar sifatini baholang.
6. Fisher F -mezonidan foydalanib, regression modellashtirish natijalarining statistik ishonchliligini baholang. Avvalgi paragraflarda hisoblangan xarakteristikalarining qiymatlari bo'yicha eng yaxshi regressiya tenglamasini tanlang va uni asoslang.
7. Agar omilning prognoz qiymati o'rtacha darajadan 10% ga oshsa, natijaning prognoz qiymatini hisoblang. $\alpha=0,05$ ahamiyatlilik darajasi uchun taxmin qilingan ishonch oralig'ini aniqlang
8. Natijalarni baholang, xulosalarni analitik usulda ifodalang.

2-bob. Ko'p omilli regressiya va korrelyasiya

2.1. Uslubiy ko'rsatmalar

2.1.1. Ko'p omilli regressiya tenglamasi qurish

Ko'p omilli regressiya bir qancha erkli o'zgaruvchili munosabat tenglamasini ifodalaydi:

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

bu yerda y - bog'liq o'zgaruvchi (natijaviy belgi), $x_1, x_2, \dots, x_k$ - erkli o'zgaruvchilar (omillar).

Ko'p omilli regressiya natijaviy belgiga ta'sir etuvchi omillar to'plamidan kuchli ta'sir etuvchi omilni ajratish mumkin bo'lmagan hollarda va bir necha omillar ta'sirini hisobga olish zarur bo'lganda qo'llaniladi.

Ko'p omilli regressiya asosiy maqsadi - omillar soni ko'p bo'lgan modelni qurish, bunda ularning har birining ta'sirini alohida, shuningdek modellashtirilayotgan ko'rsatkichga umumiy ta'sirini aniqlash.

Ko'p omilli regressiya masalasining qo'yilishi. Mavjud n ta kuzatish ma'lumotlariga ko'ra y va x_j va $\{(y_i, x_{j,i})\}$, $j = \overline{1, k}$, $i = \overline{1, n}$ $k+1$ ta o'zgaruvchilarni birgalikdagi o'zgarishlarini ifodalovchi eng yaxshi analitik bog'liqlikni $\hat{y} = f(x_1, x_2, \dots, x_k)$ aniqlashdan iborat (2.1-jadval).

2.1- jadval

Kuzatish natijalari

	y	x_1	x_2	...	x_k
1	y_1	x_{11}	x_{21}	...	x_{k1}
2	y_2	x_{12}	x_{22}	...	x_{k2}
...	...	...	...	...	...
n	y_n	x_{1n}	x_{2n}	...	x_{kn}

Ko'p omilli regressiya tenglamasini qurish juft regressiya kabi bo'lib, ikki bosqichda amalga oshiriladi:

-modelni spesifikasiyalash;

-qurilgan model parametrlarini baholash.

Modelni spesifikasiyalash uchun quyidagi 2 masalani yechimini topish kerak:

- y natijamiy belgiga eng ko'p ta'sir etuvchi k ta omillarni saralash;

- regressiya tenglamasi ko‘rinishini tanlash $\hat{y} = f(x_1, x_2, \dots, x_k)$.

Ko‘p omilli regressiyaga u yoki bu to‘plamdan omillarni jalb etish modellashtirilayotgan ko‘rsatkichning boshqa iqtisodiy ko‘rinishlar bilan o‘zaro aloqasi tabiati to‘g‘risidagi tadqiqotchining tasavvurlari bilan bog‘liq. Ko‘p omilli regressiyaga kiruvchi omillar quyidagi talablarga mos kelishi kerak.

1. Omillar o‘zaro korrelyatsion bog‘lanmagan bo‘lishi kerak. Agar omillar orasida yuqori korrelyasiya mavjud bo‘lsa, natijaviy belgi y va ta‘sir etuvchi omil x larning natijaviy ta‘sirini aniqlash qiyin.

2. Ko‘p omilli regressiyaga kiruvchi omillar erkli o‘zgaruvchi variyatsiyasiga sezilarli ta‘sir etishi kerak, ya‘ni modelga kiruvchi omillar statistik ahamiyatli bo‘lishi kerak va modelning sifat ko‘rsatkichini sezilarli yaxshilash kerak. (masalan, R^2 - determinatsiya koeffitsiyenti).

Omillarni saralash sifatli nazariy-iqtisodiy tahlil asosida amalga oshiriladi va ikki bosqichda bajariladi.

- 1-bosqichda omillar muammoning mohiyatidan kelib chiqib tanlanadi;

- 2-bosqichda shakl statistik kriteriyalar qo‘llaniladi, masalan, regressiyaning tegishli koeffitsiyentlari uchun t -statistika kriteriysi.

Yuqori korrelyasiya kattaligi $r_{x_i x_j}$ korrelyasiya juftli koeffitsiyentli qiymati bo‘yicha ko‘rinadi. Agar $r_{x_i x_j} \geq 0,8$ (2.1) shart bajarilsa, x_i, x_j - omilli o‘zgaruvchilar o‘zaro chiziqli bog‘liqlikda bo‘ladi. x_i, x_j o‘zgaruvchilar esa, aniq kolleniar deb ataladi.

Korrelyatsiya chiziqli koeffitsiyentlari $r_{x_i x_j}$ x_i, x_j o‘zgaruvchilarning kombinatsiyasi uchun korrelyatsion matritsani hosil qiladi.

Ucha omillar uchun $\{r_{x_i x_j}\}$ matritsa ko‘rinishi quyidagicha bo‘ladi:

$$\{r_{x_i x_j}\} = \begin{bmatrix} r_{x_1 x_1} & r_{x_2 x_1} & r_{x_3 x_1} \\ r_{x_1 x_2} & r_{x_2 x_2} & r_{x_3 x_2} \\ r_{x_1 x_3} & r_{x_2 x_3} & r_{x_3 x_3} \end{bmatrix}$$

Regressiya tenglamasida faqat bitta kolleniar omil qatnashadi, bunda alohida e‘tibor natija bilan yetarlicha zich aloqaga ega bo‘la turib, boshqa omillar bilan eng kam aloqa zichligiga ega bo‘lgan omillarga beriladi.

Omillararo kuchli korrelyasiyani yengib o'tish uchun bir qator yondashuvlardan foydalanamiz:

- modeldan bitta yoki bir nechta omillarni chiqarib yuborish;
- ular orasida korrelyasiya kamayishi uchun omillarni almashtirish.
- birgalikdagi regressiya tenglamasiga o'tish, ya'ni omillar ta'sirining emas, balki ularning o'zaro ta'sirini aks ettiruvchi tenglamalarga o'tish, masalan,

$$\hat{y} = a_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + \varepsilon,$$

bu yerda $b_{12}x_1x_2, b_{13}x_1x_3$ hadlar omillar o'zaro ta'sirini ifodalaydi.

Kolleniar omillar chiqarib yuborilgandan so'ng natijaviy belgi o'zgarishiga eng ko'p ta'sir etuvchi omilarni saralash jarayoni amalga oshiriladi. Eng ko'p qo'llaniladigan usullar:

- chiqarish usuli;
- kiritish usuli.

Regressiya tenglamasiga faqat ahamiyatli omillar kiradi. Bu Styudent kriteriysi yordamida tekshiriladi.

Omillarni saralashda quyidagi qoidadan foydalanish tavsiya qilinadi: kiritiladigan omil soni kuzatiladigan ma'lumotlar sonidan 6-7 marta oz bo'lishi kerak.

Model aniqligidan tashqari tadqiqotchi uchun modelning soddaligi va model parametrlarini ko'rgazmali ifodalash imkoniyati ham muhim hisoblanadi. Shu sababga ko'ra, chiziqli va darajali modellar eng ko'p qo'llaniladi.

Ko'p omilli regressiya chiziqli tenglamasida

$$\hat{y}_x = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + \dots + b_kx_k \quad (2.2)$$

x_i lar oldidagi b_i parametrlar "sof regressiya koeffitsiyentlari" deb nomlanadi va quyidagicha ifodalanadi. b_i parametrlar tegishli omilning bir birlikka o'zgarishi bilan natijaviy belgining o'rtacha o'zgarishini ifodalaydi.

Ko'p omilli regressiya darajali tenglamasida

$$\hat{y}_x = a \cdot x_1^{b_1} \cdot x_2^{b_2} \cdot \dots \cdot x_k^{b_k} \quad (2.3)$$

b_i daraja ko'rsatkichlari elastiklik koeffitsiyentlari bo'ladi. Bular tegishli omillarning 1% ga o'zgarishi natijaviy belgining necha foiz o'zgarishini ko'rsatadi. Regressiya tenglamasining bu ko'rinishi ishlab chiqarish funksiyalarida talab va taklif tadqiqotlarida eng ko'p tarqalgan.

2.1.2. Ko'p omilli regressiya tenglamasi parametrlarini baholash

Ko'p omilli regressiya tenglamasi parametrlarini baholash uchun eng kichik kvadratlar usulidan (EKKU) foydalaniladi. Chiziqli regressiya tenglamasi uchun normal tenglamalar tizimi quriladi. Bu tizim yechimi regressiya tenglamasi parametrlarini aniqlash imkonini beradi. (2.2) tenglama uchun normal tenglamalar tizimi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum y = n \cdot a + b_1 \sum x_1 + b_2 \sum x_2 + ... + b_k \sum x_k \\ \sum yx_1 = a \sum x_1 + b_2 \sum x_1^2 + b_2 \sum x_2 x_1 + ... + b_k \sum x_k x_1 \\ \\ \sum yx_k = a \sum x_k + b_1 \sum x_1 x_k + b_2 \sum x_2 x_k + ... + b_k \sum x_k^2 \end{array} \right. \quad (2.4)$$

Ko'p omilli regressiya chiziqli tenglamasi (2.2) xususiy regressiya tenglamalarini qurish imkonini beradi, bular yordamida natijaviy belgining alohida bir omilga bog'liqligini ko'rish mumkin.

Xususiyl tenglamalar (2.2) ko'p omilli regressiya tenglamasidagi barcha omillarni bittasidan tashqari ularning o'rtacha qiymatlariga almashtirish orqali hosil qilish mumkin:

$$\begin{aligned} y_{y,x_1} &= a + b_1 \overline{x_1} + b_2 \overline{x_2} + b_3 \overline{x_3} + b_3 \overline{x_3} + ... + b_k \overline{x_k} + \varepsilon; \\ y_{y,x_2} &= a + b_1 \overline{x_1} + b_2 \overline{x_2} + b_3 \overline{x_3} + ... + b_k \overline{x_k} + \varepsilon; \\ \\ y_{y,x_n} &= a + b_1 \overline{x_1} + b_2 \overline{x_2} + ... + b_{k-1} \overline{x_{k-1}} + b_k \overline{x_k} + \varepsilon. \end{aligned} \quad (2.5)$$

(2.5) tenglamani quyidagi ko‘rinishda tasvirlash mumkin,

[illegible]

bu yerda

$$\begin{aligned} A_1 &= a + b_2 \overline{x_2} + b_3 \overline{x_3} + b_3 \overline{x_3} + \dots + b_k \overline{x_k}; \\ A_2 &= a + b_1 \overline{x_1} + b_3 \overline{x_3} + \dots + b_k \overline{x_k}; \\ &\dots\dots\dots \\ A_k &= a + b_1 \overline{x_1} + b_2 \overline{x_2} + \dots + b_{k-1} \overline{x_{k-1}}. \end{aligned} \tag{2.7}$$

Xususiy regressiya tenglamalari juft regressiyadan farqli ravishda omillarning boshqa omillardan izoliyatsiyalangan yakka ta'sirini ifodalaydi yoki boshqa omillar o'zgarmaydigan darajada birlashtirilgan. Boshqa omillar ta'siri ko'p omilli regressiya tenglamasining ozod hadiga birlashtiriladi.

Regressiyaning xususiy tenglamalari elastiklik xususiy koeffitsiyentlarini aniqlash mumkin,

$$\mathcal{E}_{yx_i} = b_i \frac{x_i}{y_{y,x_i}}, \quad (2.8)$$

bu yerda b_i - ko'p omilli regressiya tenglamasidan x_i omil uchun regressiya koeffitsiyentlari; y_{y,x_i} - xususiy regressiya tenglamasining x_i bo'yicha olingan qiymati.

Elastiklik o'rtacha qiymatlarini bir-biri bilan taqqoslash va mos ravishda natijaga ta'sir ko'rsatish bo'yicha omillarni saralash mumkin.

Ko'p omilli chiziqli regressiya tenglamasi uchun elastiklik o'rtacha koeffitsiyentlari (2.9) formula bo'yicha hisoblash mumkin

$$\bar{\mathcal{E}}_{yx} = b_i \frac{\bar{x}}{\bar{y}_{yx}} \quad (2.9)$$

va boshqa omillar o'zgarishsiz qolganda x omilning 1% ga o'zgarganda y natijaviy belgi necha foizga o'zgarishini ko'rsatadi.

Ko'p omilli korrelyasiya koeffitsiyenti ko'rilayotgan to'plamdagi omillarni tekshirilayotgan omil bilan aloqa zichligini bildiradi va 1.5 formula bo'yicha hisoblanadi.

$$R = R_{y x_1 x_2 \dots x_k} = \sqrt{1 - \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}, \quad (2.10)$$

bu yerda n - kuzatishlar soni, x_i, y_i - kuzatish ma'lumotlari, $\bar{x}, \bar{y}$ - x va y o'zgaruvchilarning o'rtacha qiymatlari $\hat{y}$ - y o'zgaruvchining ko'p omilli regressiya tenglamasi bo'yicha hisoblangan qiymatlari.

Ko'p omilli korrelyasiya koeffitsiyenti 0 dan 1 gacha o'zgaradi. Uning qiymati qanchalik birga yaqin bo'lsa, natijaviy belgining barcha tekshirilayotgan omillar bilan aloqasi shunchalik zich bo'ladi. Ko'p omilli korrelyasiya koeffitsiyenti kattaligi korrelyasiyaning juft koeffitsiyenti maksimal qiymatga teng yoki katta

$$R_{y x_1 x_2 \dots x_k} \geq R_{y x_i (\max)} \quad (i = \overline{1, k})$$

Regressiya tahliliga omillarni to'g'ri tanlashda ko'p omilli korrelyasiya indeksi kataligi juft bog'liqlik korrelyasiya indeksidan tubdan farq qiladi.

Ko'p omilli korrelyasiya koeffitsiyenti kvadrati determinatsiya koeffitsiyenti deb ataladi va R^2 kabi belgilanadi. Determinatsiya koeffitsiyenti kattaligi regression model sifatini baholash uchun ishlatiladi. Uning kattaligi qancha katta bo'lsa, berilgan model kuzatish ma'lumotlariga shunchalik mos keladi.

Ko'p omilli korrelyasiya koeffitsiyentining past qiymati yoki regression modelga ahamiyatli omillar kiritilmagan o'zgaruvchilar orasidan haqiqiy munosabatni akslantirmaydi.

Ko'p omilli regressiya tenglamasining statistik ahamiyatligi umuman olganda Fisherning F -mezoni bo'yicha baholanadi (3-,4-ilovalar).

Ko'p omilli regressiya tenglamasi koeffitsiyentining statistik ahamiyatligi to'laligicha t -mezoni bo'yicha baholanadi (2-ilovalar).

EKKU chiziqli regressiya parametrlarining ishonchli baholarini berish uchun

$$y = a + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_k x_k + \varepsilon \quad (2.11)$$

ε model qoldiqlari dispersiyasi har bir kuzatish uchun bir xil bo'lishi kerak. Bunday xossaga ega qoldiqlar gomoskedastlik, ega emasliklari esa geteroskedastlik deb ataladi.

Gomoskedastlik buzilganda quyidagi tengsizlikka ega bo'lamiz.

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

Geteroskedastikni baholash uchun Goldfeld-Kvandt usulidan foydalanish mumkin. Bu usul ε qoldiqlarning x_i omil o'zgaruvchilarga bog'liqligini tekshiradi. Goldfeld-Kvandt testini qo'llash algoritmi quyidagi qadamlardan iborat.

1) kuzatishlarning olingan ma'lumotlari tanlangan x_i o'zgaruvchi o'sib borishi bo'yicha tartiblanadi;

2) dastlabki n_0 ta va oxirgi n_0 ta kuzatishlar $C = n - 2n_0$ markaziy kuzatishlarni ko'rib chiqishdan chiqarib yuboriladi;

3) kuzatishlar guruhining har biri uchun ε qoldiqning ahamiyatli omillar bo'yicha regressiya tenglamasi baholanadi

$$\varepsilon = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k + u; \quad (2.12)$$

4) har bir tenglama uchun u_i qoldiqlarining S_1 va S_2 kvadratlar qoldiq yig'indilari aniqlanadi va ular quyidagi munosabat bilan topiladi:

$$R = \max(S_2, S_1) / \min(S_2, S_1).$$

Agar

$$R > F_{jadv} \quad (2.13)$$

shart bajarilsa, u holda qoldiq kattaliklarning dispersiyalari tengligi α ahamiyatlilik darajasi bilan rad etiladi. Bu yerda F_{jadv} Fisherning F -mezonining α ahamiyatlilik va $k_1 = n_0 - k$ va $k_2 = n_0 + k$ ozodlik darajalar soni bo'yicha jadval qiymati.

R ning qiymati qancha katta bo'lsa, shunchalik qoldiq kattaliklar dispersiyalar tengligi buzilgan bo'ladi.

2.2. Masalani yechish bo'yicha na'munalar

1-masala.

2.1-jadvalda 30 ta hudud bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Belgi	O'rtacha qiymat	O'rtacha kvadratik chetlanish	Juft korrelyasiya koeffitsiyenti
O'rtacha kunlik daromad, ming so'm, y	86,8	11,44	-
Bir ishchining o'rtacha kunlik ish haqi, ming so'm, x_1	54,9	5,86	$r_{yx_1} = 0,8405$
Ishsizlarning o'rtacha yoshi, yil, x_2	33,5	0,58	$r_{yx_2} = -0,2101$ $r_{x_1x_2} = -0,1160$

Topish kerak.

- Standartlashtirilgan va oddiy shakldagi ko'p omilli regressiya tenglamasini tuzing; elastiklik koeffitsiyentlarini hisoblang, ularni β_1 va β_2 bilan solishtiring va ular orasidagi farqlarni tushuntiring.
- Xususiy korrelyasiya chiziqli koeffitsiyentlarini va ko'plikdagi korrelyasiya koeffitsiyentini hisoblang, ularni juft korrelyasiyasining chiziqli koeffitsiyentlari bilan solishtiring, ular orasidagi farqlarni tushuntiring.
- Fisherning umumiy va xususiy F -mezonlarini hisoblang.

Yechilishi.

1. y ko'p omilli chiziqli regressiya tenglamasi x_1 va x_2 ga nisbatan quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2.$$

Uning parametrlarini hisoblash uchun biz o'zgaruvchilarni standartlashtirish usulini qo'llaymiz va kerakli tenglamani standartlashtirilgan miqyosda quramiz:

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

β_i - koeffitsiyentlarni quyidagi formulalar orqali hisoblaymiz:

$$\beta_1 = \frac{r_{yx_1} - r_{yx_2} r_{x_1 x_2}}{1 - r_{x_1 x_2}^2} = \frac{0,8405 - 0,2101 \cdot 0,116}{1 - 0,116^2} = \frac{0,8161}{0,9865} = 0,8273;$$

$$\beta_2 = \frac{r_{yx_2} - r_{yx_1} r_{x_1 x_2}}{1 - r_{x_1 x_2}^2} = \frac{0,2101 + 0,8405 \cdot 0,116}{1 - 0,116^2} = \frac{-0,1126}{0,9865} = -0,1141;$$

Ushbu tenglama hosil bo'ladi $t_y = 0,8273 t_{x_1} - 0,1141 t_{x_2}$.

Oddiy shakldagi tenglamani yaratish uchun biz a_1 va a_2 parametrlarni hisoblaymiz, uning uchun quyidagi β_i dan a_i ga o'tish formulalaridan foydalanamiz.

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

$$a_1 = 0,8273 \cdot \frac{11,44}{5,86} = 1,6151; \quad a_2 = -0,1141 \cdot \frac{11,44}{0,58} = -2,2505.$$

a_0 qiymatini quyidagicha topamiz.

$$a_0 = \bar{y} - a_1 \cdot \bar{x}_1 - a_2 \cdot \bar{x}_2 = 86,8 - 1,6151 \cdot 54,9 + 2,2505 \cdot 33,5 = -73,52276,$$

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

x_1 va x_2 ning y ga nisbiy ta'sir kuchini tavsiflash uchun o'rtacha elastiklik koeffitsiyentlarini hisoblaymiz:

$$\bar{\epsilon}_{yx_i} = a_i \frac{\bar{x}_i}{\bar{y}};$$

$$\bar{\epsilon}_{yx_1} = 1,62 \cdot \frac{54,9}{86,8} = 1,0246\%;$$

$$\bar{\epsilon}_{yx_2} = -2,25 \cdot \frac{33,5}{86,8} = -0,8684\%.$$

O'rtacha ish haqi x_1 o'rtacha 1% ga oshishi bilan y o'rtacha daromad o'rtacha 1,02% ga oshadi; ishsizlar x_2 ning o'rtacha yoshi 1% ga oshganda, aholi jon boshiga to'g'ri keladigan daromad y o'rtacha

0,87% ga kamayadi. Bundan ko‘rinadiki, x_1 ish haqining o‘rtacha qiymati y aholi jon boshi daromadiga ta’siri kuchi x_2 ishsizlarning o‘rtacha yoshining o‘zgarishidan ko‘ra ko‘proq ta’sir etadi.

Aloqa kuchi haqida shunga o‘xshash xulosalarni β_1 va β_2 qiymat absolut qiymatlari taqqoslashdan ham chiqarish mumkin:

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

Elastiklik koeffitsiyenti x omil bir foizga o‘zgarganda y natijaviy omil qancha foizga o‘zgarishini ko‘rsatadi. Beta koeffitsiyent esa omil o‘zining o‘rtacha kvadratik og‘ishi miqdoriga o‘zgarganda, natijaviy omilning qiymati o‘zining kvadratik og‘ishining o‘rtacha qancha qismiga o‘zgarishini ko‘rsatadi.

2. Xususiy korrelyasiya koeffitsiyentlari quyidagi rekurrent formula bilan hisoblanadi:

$$r_{yx_1(x_2)} = \frac{r_{yx_1} - r_{yx_2} \cdot r_{x_1x_2}}{\sqrt{(1-r_{yx_2}^2)(1-r_{x_1x_2}^2)}} = \frac{0,8405 - 0,2101 \cdot 0,116}{\sqrt{(1-0,2101^2)(1-0,116^2)}} = 0,8404;$$

$$r_{yx_2(x_1)} = \frac{r_{yx_2} - r_{yx_1} \cdot r_{x_1x_2}}{\sqrt{(1-r_{yx_1}^2)(1-r_{x_1x_2}^2)}} = \frac{-0,2101 + 0,8405 \cdot 0,116}{\sqrt{(1-0,8405^2)(1-0,116^2)}} = -0,2092;$$

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

Agar juftlik koeffitsiyentlari va xususiy korrelyasiya qiymatlarini taqqoslasak, biz zaif omillar (aloqasi tufayli juftlashgan va xususiy korrelyasiya koeffitsiyentlari biroz farq qiladi degan xulosaga keldik: juft va xususiy korrelyasiya koeffitsiyentlariga asoslangan aloqaning yaqinligi va yo‘nalishi bo‘yicha xulosalar bir xil:

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

$$r_{yx_1(x_2)} = 0,8404; \quad r_{yx_2(x_1)} = -0,2092; \quad r_{x_1x_2(y)} = 0,1144.$$

Ko‘p omilli korrelyasiyaning chiziqli koeffitsiyentini hisoblash r_{yx_j} va β_j koeffitsiyentlar yordamida amalga oshiriladi

$$R_{yx_1x_2} = \sqrt{r_{yx_1} \cdot \beta_1 + r_{yx_2} \cdot \beta_2} = \sqrt{0,8405 \cdot 0,8273 + 0,2101 \cdot 0,1141} = \sqrt{0,7193} = 0,8481.$$

y ning x_1 va x_2 ga bog‘liqligi yaqin bo‘lib, unda aholi jon boshiga o‘rtacha daromadining 72% o‘zgarishi modelda qayd etilgan omillarning o‘zgarishi bilan belgilanadi: o‘rtacha ish haqi va ishsizlarning o‘rtacha yoshiga. Modelga kiritilmagan boshqa omillar y ning umumiy o‘zgarishining 28% ni tashkil qiladi.

3. Umumiy F -mezonlari H_0 farazini, regressiya tenglamasining statistik ahamiyatini va aloqa zichligini tekshiradi ($R^2=0$):

$$F_{his} = \frac{R^2_{yx_1x_2}}{1 - R^2_{yx_1x_2}} : \frac{m}{n - m - 1} = \frac{R^2_{yx_1x_2}}{1 - R^2_{yx_1x_2}} \cdot \frac{m}{n - m - 1} = \frac{0,7193}{0,2807} \cdot \frac{27}{2} = 34,6;$$

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

F_{jadv} va F_{his} ni taqqoslab $F_{jadv} = 3,4 < F_{his} = 34,6$, H_0 farazini rad etish kerakligi haqidagi xulosaga kelish mumkin. $1 - \alpha = 0,95$ ehtimolligi bilan, x_1 va x_2 omillarining tasodifiy ta'siri ostida hosil bo'lgan $R_{yx_1x_2}$ ning umumiy tenglashuvining statistik ahamiyati va uning yaqinligi haqida xulosa chiqaramiz.

Xususi F -mezonlar - F_{x_1} va F_{x_2} ko'p omilli regressiya tenglamasida x_1 va x_2 omillarining mavjudligining statistik ahamiyatini baholaydi, bir omildan keyin ikkinchi omilning tenglamaga qo'shishning maqsadga muvofiqligini baholaydi, ya'ni F_{x_1} omil x_2 ni kiritganidan keyin omil x_1 tenglamasiga kiritish maqsadga muvofiqligini baholaydi. Shuningdek, F_{x_2} x_2 omilning modelda x_1 omilni tenglamaga qo'shishning maqsadga muvofiqligini ko'rsatadi:

$$F_{x_1his} = \frac{R^2_{yx_1x_2} - r^2_{yx_2}}{1 - R^2_{yx_1x_2}} \cdot \frac{n - m - 1}{1} = \frac{0,8481^2 - 0,2101^2}{1 - 0,8481^2} \cdot \frac{30 - 2 - 1}{1} = 64,9.$$

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

F_{jadv} va F_{his} larni taqqoslab, $F_{x_1his} > F_{jadv}$ ekanligidan x_2 omildan keyin x_1 omilni modelga kiritish maqsadga muvofiq ekanligi haqida xulosa qilishimiz mumkin. Qo'shimcha x_1 omilni qo'shish hisobiga R_y^2 o'sishining ahamiyatsizligi haqidagi H_0 gipotezani rad etamiz va x_1 omildan keyin x_2 omilini kiritishning maqsadga muvofiq ekanligi statistik jihatdan tasdiqlangan degan xulosa chiqarishimiz mumkin.

x_2 omilni x_1 omildan keyin modelga qo'shilishning maqsadga muvofiqligini F_{x_2} orqali tekshiriladi:

$$F_{x_2his} = \frac{R^2_{yx_1x_2} - r^2_{yx_1}}{1 - R^2_{yx_1x_2}} \cdot \frac{n - m - 1}{1} = \frac{0,8481^2 - 0,8405^2}{1 - 0,8481^2} \cdot \frac{30 - 2 - 1}{1} = 1,234.$$

F_{x_2his} ning past qiymati (1 dan biroz kattaroq) x_1 omilidan keyin x_2 omilni modelga qo'shilishi sababli $r^2_{yx_1}$ o'sishining statistik ahamiyatsizligini ko'rsatadi. Natijada, x_2 omilning modelga (ishsizlarning o'rtacha yoshi) qo'shilishning maqsadga muvofiq emasligi haqidagi H_0 no'l gipotezasi tasdiqlanadi. Bu shuni anglatadiki, o'rtacha ish haqi bo'yicha o'rtacha daromadga bog'liq bo'lgan juftlik regression modeli statistik jihatdan ahamiyatli va uni yaxshilashga

hojat yo‘q, jumladan, qo‘shimcha x_2 omil (ishsizlarning o‘rtacha yoshi).

2-misol.

20 hududlar bo‘yicha quyidagi ma’lumotlar o‘rganiladi (2.2-jadval): o‘rtacha yillik daromadi y (ming rubl) ning x_1 (%) jami ish bilan band bo‘lganlarga nisbatan og‘ir jismoniy mehnat bilan band bo‘lganlarning ulushiga va x_2 (%) jami aholi soniga nisbatan iqtisodiy faol aholi bog‘liqligi.

2.2-jadval

Belgi	O‘rtacha qiymat	O‘rtacha kvadratik chetlanish	aloqa xususiyatlarini ng tavsiflari	Bog‘lanish tenglamasi
y	112,76	31,58	$R_{yx_1x_2} = 0,773$	$\hat{y}_{x_1x_2} = -130,49 + 6,14x_1 + 4,13x_2$
x_1	5,4	3,34	$r_{yx_1} = 0,746$	$\hat{y}_{x_1} = 74,4 + 7,1x_1$
x_2	50,88	1,74	$r_{yx_2} = 0,507$, $r_{x_1x_2} = 0,432$	$\hat{y}_{x_2} = -355,3 + 9,2x_2$

Topish kerak:

1. Ko‘p omilli regressiya tenglamasining statistik ahamiyatini va uning aloqa zichligini $\alpha=0,05$ darajasida tekshirish uchun dispersion tahlil jadvalini tuzing.
2. Fisherning xususiy F -mezoni yordamida ko‘p omilli regression tenglamasiga x_2 omilidan keyin x_1 omilining va x_1 dan keyin x_2 ni kiritish qanchalik maqsadga muvofiqligini baholang.
3. Styudentning t -mezoni yordamida x_1 va x_2 o‘zgaruvchilari uchun ko‘p omilli regressiya tenglamasining koeffitsiyentlarining statistik ahamiyatini baholang.

Yechilishi.

1. Umuman regressiya tenglamasining statistik ahamiyatsizligi va aloqa zichligi ko‘rsatkichi haqida dispersiyani tahlil qilish vazifasi h0 nol gipotezasini sinovdan o‘tkazishdan iborat.

Tahlil Fisherning F -mezoni yordamida hisoblangan va jadval qiymatlarini taqqoslash orqali amalga oshiriladi.

F_{his} bir darajadagi erkinlik uchun mo‘ljallangan omil va qoldiq dispersiyalar qiymatlarining nisbati bilan belgilanadi:

$$F_{his} = \frac{\sum (\hat{y}_{x_1x_2} - \bar{y})^2}{m} : \frac{\sum (y - \hat{y}_{x_1x_2})^2}{n-m-1} = \frac{S_{his}}{S_{qol}} \cdot \frac{n-m-1}{m},$$

Bu yerda n - jami birliklar soni;

m - chiziqli regressiya tenglamasidagi omillar soni;

$\hat{y}$ - samarali xususiyatning haqiqiy qiymati;

$\hat{y}_{x_1x_2}$ - samarali belgining hisoblangan qiymati.

Dispersiyani tahlil qilish natijalari 2.3-jadvalda keltirilgan.

2.3-jadval

Natijaning o'zgarishi, y	Erkinlik darajalari soni	Chetlanish kvadratlari yig'indisi, S	bir erkinlik darajasi uchun dispersiya, s^2	F_{his}	F_{jadv} , $\alpha=0,05$, $k_1=2$, $k_2=17$
Umumiy	$df=n-1=19$	19945,9	-	-	-
Omili	$k_1=m=2$	11918,3	5959,15	12,62	3,59
Qoldiq	$k_2=n-m-1=17$	8027,6	472,21	-	-

$$S_{umum} = \sigma_y^2 \cdot n = (31,58)^2 \cdot 20 = 19945,9;$$

$$S_{his} = \sigma_y^2 \cdot n \cdot R_{yx_1x_2}^2 = 19945,9 \cdot (0,773)^2 = 11918,3;$$

$$S_{qol} = \sigma_y^2 \cdot n \cdot (1 - R_{yx_1x_2}^2) = S_{umum} - S_{his} = 19945,9 - 11918,3 = 8027,6;$$

$$F_{his} = \frac{11918,3}{8027,6} = 12,62.$$

F_{jadv} va F_{his} ni taqqoslab, biz H_0 farazini butunlay rad etish kerakligi haqidagi, $R_{yx_1x_2}^2$ qiymatlarini kuzatib regressiya tenglamasini statistik ahamiyatli degan xulosaga keldik, chunki ular statistik jihatdan ishonchli va tasodifiy bo'lmagan sabablarning muntazam ta'siri ostida shakllangan. Nolinchi gipotezani o'chirishda xatolar yuzaga kelishi ehtimoli 5% dan oshmaydi va bu juda kichik miqdor.

2. Fisherning xususiy F-mezonlari x_1 omilini modelga x_2 omildan keyin kiritish statistik jihatdan maqsadga muvofiqligini baholaydi. Fisherning xususiy F-mezonlari x_1 va x_2 omillari bilan hisoblangan qoldiq dispersiyaga (erkinlik darajasiga) qo'shimcha ravishda qo'shilgan omil (erkinlik darajasi) hisobiga omil dispersiyasining o'sish nisbati sifatida quriladi.

$$F_{xususiyx} = \frac{S_{his yx_1x_2} - S_{his yx_2}}{S_{qol yx_1x_2}} \cdot \frac{n-m-1}{1}.$$

Dispersion tahlil qilish natijalari 2.4-jadvalda keltirilgan

2.4-jadval

Natijaning o'zgarishi, y	Erkinlik darajalari soni	Chetlanish kvadratlari yig'indisi, S	bir erkinlik darajasi uchun dispersiya, s^2	F_{his}	$F_{jadv}, \alpha=0,05, k_1=2, k_2=17$
Umumiy	$df=n-1=19$	19945,9	-	-	-
Omili shu jumladan: $-x_2$ hisobidan	$k_1=m=2$	11918,3	5959,15	12,62	3,59
-qo'shimcha kiritilgan x_1 hisobidan	1	5127,1	5127,1	10,86	4,45
	1	6791,2	6791,2	14,38	4,45
Qoldiqli	$k_2=n-m-1=17$	8027,6	472,21	-	-

$$S_{umum} = \sigma_y^2 \cdot n = (31,58)^2 \cdot 20 = 19945,9;$$

$$S_{his} = \sigma_y^2 \cdot n \cdot R_{yx_1x_2}^2 = 19945,9 \cdot (0,773)^2 = 11918,3;$$

$$S_{hisx_2} = \sigma_y^2 \cdot n \cdot r_{yx_2}^2 = 19945,9 \cdot (0,507)^2 = 5127,1;$$

$$S_{hisx_1} = S_{his} - S_{hisx_2} = 11918,3 - 5127,1 = 6791,2;$$

$$S_{qol} = \sigma_y^2 \cdot n \cdot (1 - R_{yx_1x_2}^2) = S_{umum} - S_{qol} = 19945,9 - 11918,3 = 8027,6;$$

x_2 omildan keyin x_1 omilining kiritilishi statik jihatdan ahamiyatli va oqilona bo'lib chiqdi: omillarning tarqalishi (bir darajadagi erkinlik asosida) faol omil sifatida muntazam ravishda x_1 modelga qo'shimcha qo'shilish natijasi sezilarli darajada oshdi, ya'ni $F_{xususx_1} = 14,38 > F_{jadv} = 4,45$.

Xuddi shunday, biz ilgari kiritilgan x_1 omildan keyin qo'shimcha omil x_2 modeliga qo'shilishning maqsadga muvofiqligini tekshiramiz. Hisoblash $R_{yx_1x_2}^2$ va $r_{yx_2}^2$ aloqa ko'rsatkichlari yordamida amalga oshiriladi:

$$F_{xususx_2} = \frac{R_{yx_1x_2}^2 - r_{yx_2}^2}{1 - R_{yx_1x_2}^2} \cdot \frac{n-m-1}{1} = \frac{(0,773)^2 - (0,746)^2}{1 - (0,773)^2} \cdot \frac{17}{1} = 1,73.$$

Tufayli $F_{xususx_2} = 1,73 < F_{jadv} = 4,45$ x_2 keyin x_1 kiritish foydasiz edi, degan xulosaga keldi, deb: erkinlik bir daraja asosida omil dispersiyasi o'sish statik ahamiyatsiz, ahamiyatsiz edi, ya'ni, x_2 ta'siri tizimli, barqaror emas. x_1 dan y juft regressiya tenglamasini qurish bilan chegaralanishi mumkin edi.

3. Studentning t -mezon bilan baholash b_1 va b_2 koeffitsiyentlarining ahamiyati ularning qiymatlarini tasodifiy xatolar qiymati bilan taqqoslash bilan bog'liq: m_{b_1} va m_{b_2} . Tasodifiy xatolar qiymatlarini hisoblash juda murakkab va qiyin. Shuning uchun oddiy usul taklif etiladi: Fisherning tegishli F -mezonidan kvadrat ildiz sifatida chiziqli regressiya tenglamasining koeffitsiyentlari uchun Studentning t -mezonining qiymatini hisoblaymiz:

$$t_{b_1} = \sqrt{F_{xususx_1}} = \sqrt{14,38} = 3,79;$$

$$t_{b_2} = \sqrt{F_{xususx_2}} = \sqrt{1,73} = 1,32.$$

Studentning t -mezonining jadval (kritik) qiymatlari α (odatda 0,1; 0,05 yoki 0,01) va erkinlik darajalari $(n-m-1)$ sonidan kelib chiqadi, bu yerda n -tekshirilayotgan birliklari soni, m -tenglamadagi omillar soni.

Bizning misolda $\alpha = 0,05$; $df = 20 - 3 = 17$; $t_{jadv} = 2,10$. F_{jadv} va F_{his} ni taqqoslab, yani $t_{b_1} = 3,79 > t_{jadv} = 2,11$ ekanligini hisobga olib, regressiyaning b_1 koeffitsiyentini statik jihatdan ahamiyatli, ishonchli, tahlil va prognozga asoslangan bo'lishi mumkin degan xulosaga kelish mumkin. $t_{b_2} = 1,32 < t_{jadv} = 2,11$ ekanligini hisobga olib, regressiyaning b_2 koeffitsiyentini statik jihatdan ahamiyatli emas, ishonchli emas, bu asosan tasodifiy omillar ta'siri ostida shakllanadi.

x_1 (og'ir jismoniy mehnat bilan band bo'lganlar ulushi) ni y (aholi jon boshiga to'g'ri keladigan daromad) ishonchli, x_2 (iqtisodiy faol aholining butun aholi sonidagi ulushi) ta'sirining ahamiyatsizligi yana bir bor tasdiqlandi.

3-misol.

Viloyatdagi 20 ta korxona bo'yicha (2.5-jadval) bir xodim uchun mahsulot ishlab chiqarish y (ming so'm), yangi asosiy vositalarni ishga tushirishdan x_1 (yil oxirida mablag'lar qiymatining, %) va x_2 (%) xodimlarning umumiy soniga nisbatan yuqori malakali ishchilar ulushiga bo'liqligi o'rganilmoqda.

Topish kerak:

1. Har bir xususiyatning o'zgarish ko'rsatkichlarini baholash va ularni o'rganish uchun EKK usulidan foydalanish imkoniyatlari haqida xulosa chiqaring.
2. Juftlikning chiziqli koeffitsiyentlarini va xususiy korrelyasiyani tahlil qilish.

3. Bir nechta regressiya tenglamasini yozing, uning parametrlarining ahamiyatini baholang, ularning iqtisodiy ma'nosini tushuntiring.
4. Fisherning F -mezonlari yordamida regressiya tenglamasining statistik ishonchliligini va $R^2_{y\hat{y}_1x_2}$ ni baholash. bir nechta determinatsiyaning tuzatilgan va tuzatilmagan chiziqli koeffitsiyentlarining qiymatlarini solishtiring.
5. Fisherning maxsus F -mezonlari yordamida x_2 omillaridan so'ng x_1 omilni va x_1 omildan so'ng x_2 omil ko'p omilli regressiyasi tenglamasiga qo'shishning maqsadga muvofiqligini baholang.
6. Elastiklikning o'rtacha xususiy koeffitsiyentlarini hisoblang va ular asosida omillarning natijaga ta'siri kuchining qiyosiy bahosini bering.

2.3. Masalani axborot texnologiyalarni ko'llab yechish

1. MS Exsel dasturida foydalanib masalani yechish

1-masala.

Berilgan ma'lumotlar:

- y va x_1, x_2, x_3 o'zgaruvchilar kuzatishlar ma'lumotlari 2.5-jadvalda berilgan.

- $\alpha = 0,05$ ahamiyatlilik darajasi.

2.5-jadval

	tumanlar	y	x_1	x_2	x_3		tumanlar	y	x_1	x_2	x_3
1	Amudaryo	113	10	38	163	16	Nishon	120	16	38	160
2	Beruniy	124	5	37	165	17	Karmana	125	10	37	167
3	Nukus	124	10	38	163	18	Nurota	118	12	37	163
4	Mo'ynoq	122	13	36	163	19	Chust	122	8	38	162
5	Andijon	128	9	37	152	20	Norin	133	29	39	184
6	Oltinko'l	140	14	39	176	21	Uychi	136	9	39	167
7	Baliqchi	117	12	36	155	22	Ishtixon	136	91	37	166
8	Buxoro	113	15	36	164	23	Narpay	138	14	39	166
9	Vobkent	122	13	38	175	24	Urgut	124	12	38	176
10	Jondor	139	27	38	194	25	Angor	123	11	38	156
11	Arnasoy	126	8	39	167	26	Boysun	149	8	39	194
12	Baxmal	125	17	38	164	27	Sardoba	126	11	38	182
13	Zarbdor	124	7	37	175	28	Parkent	109	8	37	164
14	Kitob	121	15	37	162	29	Bog'dod	120	20	38	170
15	Muborak	123	24	38	168	30	Dang'ara	115	16	37	165

Topsh kerak. 2.5-jadval ma'lumotlariga ko'ra quyidagilarni toping:

1. Omillarni kolleniyarlikka tekshiring. Nokolleniyar omillarni olib tashlang.
2. Ko'p omilli chiziqli regressiya tenglamasini quring.
3. Ko'p omilli korrelyatsiya koeffitsiyenti va determinatsiya koeffitsiyenti qiymatlarini aniqlang.
4. Berilgan ahamiyatlilik darajasida tenglamaning ahamiyatlilikini aniqlang.
5. Berilgan ahamiyatlilik darajasida tenglama koeffitsiyentlarining ahamiyatlilikini tekshiring.
6. Faqat ahamiyatli omillarni hisobga olgan holda ko'p omilli chiziqli regressiya tenglamasini quring.
7. $\alpha = 0,05$ ahamiyatlilik darajasida qoldiqlar qatorining gomoskedastligi haqidagi farazni tekshiring.
8. Xususiy regressiya tenglamalarini quring.
9. Xususiy elastiklik koeffitsiyentlarining o'rtacha qiymatini aniqlang.

Masalani MS Excel dasturida yechish uchun ko'rsatmalar

Masalani yechish uchun MS Excel jadval muharririning “Анализ данных” menyusi imkoniyatlaridan foydalanamiz (korrelyatsion matritsani hisoblash uchun, regressiya tenglamasini topish uchun, determinatsiya koeffitsiyentlarini topish uchun).

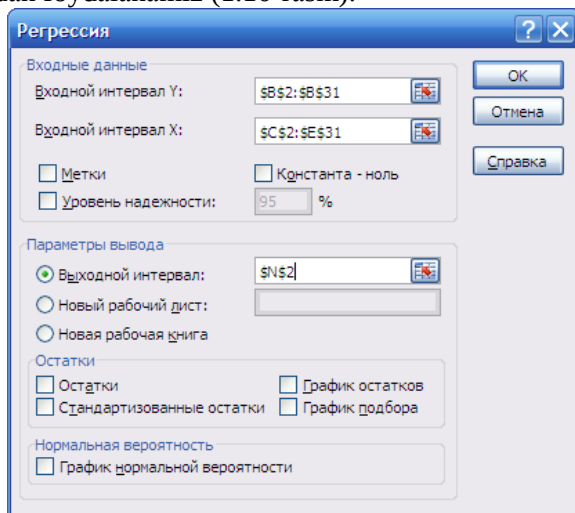
1. Omillarni kolleniyarlikka tekshirish. Kolleniyar bo'lmagan omillarni saralash.

MS Excel jadval muharririning «Данные, Анализ данных, Корреляция» funksiyalaridandan foydalanib korrelyatsion matritsa tuzamiz.

	y	x_1	x_2	x_3
y	1			
x_1	0,263	1		
x_2	0,605	-0,071	1	
x_3	0,599	0,091	0,471	1

Matritsadan ko‘rinadiki, $r_{x_1x_2} = -0,071$, $r_{x_1x_3} = 0,091$, $r_{x_2x_3} = 0,471$ bundan ko‘rinadiki omillararo kolleniarlik mavjud emas va biror bir omilni nazoratdan tushurib qoldirishga asos yo‘q. Shunday qilib, x_1, x_2, x_3 omillar bo‘yicha regressiyalari quriladi.

2. Chiziqli ko‘p omilli regressiya tenglamasini qurish uchun MS Excel jadval muharririning «Данные, Анализ данных, Регрессия» funksiyasidan foydalanamiz (1.10-rasm).



2.1-rasm. Regressiya parametrlarini MS Excel da kiritish oynasi

3) Agar ozod had mavjud bo‘lmasa “Константа - ноль” bayroqchasini belgilang.

4) Funksiya ishlari natijalari ko‘rsatiladigan yacheykani ko‘rsating.

5) Chiziqli regressiya tenglamasi koeffitsiyentlarining qidirilayotgan qiymatlarini (a_i , b_i) regressiya natijalari jadvalining koeffitsiyenti ustunidan olingan (2.8-jadval).

Funksiya ishlari natijalari 2.6, 2.7, 2.8-jadvallarda keltirilgan.

2.6-jadval

Korrelyatsion tahlil natijalari

Множественный R	0,748	Ko'p omilli R korrelyatsiya koeffitsiyenti
R -квadrat	0,560	Determinatsiya koeffitsiyenti R^2
Нормированный R -квadrat	0,509	Modifikatsiya qilingan determinatsiya koeffitsiyenti R
Стандартная ошибка	6,302	R ning standart hatoligi
Наблюдения	30	Kuzatishlar soni

2.7-jadval

Dispersion tahlil natijalari

Izoh	Ozodlik darajasi soni df	Cheklanishlar kvadratlari yig'indisi SS	Egrilik darajasiga dispersiya MS	Fisher statistikasi F	Ahamiyatlilik darajasi $Значимость F$
Регрессия	3	1311,7	437,2	11,011	7,55YE-05
Остаток	26	1032,4	39,7		
Итого	39	2344,2			

2.8-jadval

Regression tahlil natijalari

Izoh	Regressiya tenglamasi koeffitsiyentlari	Koeffitsiyentlarni aniqlanishdagi standart hatoligi	t -statistika	Ehtimollik hatoligi α	95% dan quyi limitlar	95% dan yuqori limitlar
Ко'rsatkichlar	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t -статистика	P -Значение	Нижние 95%	Верхние 95%
У-пересечение	-99,816	48,6093	2,0534	0,0502	-	0,1023
Переменная X 1	0,154	0,0775	1,9856	0,0577	-0,0054	0,3131
Переменная X 2	4,459	1,4617	3,0504	0,0052	1,4542	7,4634
Переменная X 3	0,324	0,1337	2,4203	0,0228	0,0488	0,5985

Jadvaldan ko‘rinib turibdiki, regressiya tenglamasi quyidagi ko‘rinishga ega:

$$y = -99,816 + 0,154x_1 + 4,459x_2 + 0,324x_3.$$

3) Ko‘p omilli korrelyasiya R koeffitsiyenti va R^2 determinatsiya koeffitsiyenti qiymatlarini aniqlash.

2.6-jadvaldan kelib chiqadiki: $R=0,748$, $R^2=0,560$.

4) Regressiya tenglamasi ahamiyatliligini tekshirish

Fisherning F -kriteriysini qo‘llaymiz.

Kriteriyni berilgan qiymatlar bo‘yicha hisoblaymiz (1.23):

$$F_{his} = \frac{R^2}{1-R^2} \cdot \frac{n-m-1}{m} = \frac{0,560}{1-0,560} \cdot \frac{30-3-1}{3} = 11,01.$$

Bu qiymatini 2.7-jadvaldan ham olish mumkin edi.

Fisherning F -kriteriysi kritik qiymatini MS Excelning “F.OBP.IIX” funksiyasidan foydalanib aniqlaymiz:

- $\alpha = 0,05$ ahamiyatlilik darajasi;

- $k_1 = m = 3$; $k_2 = n - m - 1 = 30 - 3 = 26$ ozodlik darajalar soni;

- $F_{jadv} = F.OBP.IIX(0,05; 3; 26) = 2,98$.

$F_{his} = 11,01 > F_{jadv} = 2,98$, ekanligidan qurilgan regressiya tenglamasi ahamiyatliligi to‘g‘risidagi xulosani qilamiz.

2.8-jadvaldan regressiya tenglamasi ahamiyatlilik darajasi $\alpha = 7,55 \cdot 10^{-5}$ ekanligi, ya‘ni tenglama bundan ham quyi darajalarda ham ahamiyatligi kelib chiqadi.

5) Regressiya tenglamasi koeffitsiyentlari ahamiyatliligini tekshirish (2-ilova).

Styudentning t -mezonini qo‘llaymiz. 2.8-jadvaldan ko‘rinadiki, regressiya tenglamasi koeffitsiyentlari ahamiyatliligi darajalari quyidagi qiymatlarni qabul qiladi:

$$\alpha_a = 0,05, \quad \alpha_{b_1} = 0,058, \quad \alpha_{b_2} = 0,005, \quad \alpha_{b_3} = 0,023.$$

Shunday qilib α, b_2, b_3 parametrlar $\alpha = 0,05$ ahamiyatlilik darajasida ahamiyatli, b_1 parametr $\alpha = 0,05$ ahamiyatlilik darajasida ahamiyatli emas.

6) Chiziqli ko‘p omilli regressiya tenglamasini faqat ahamiyatli omillarni hisobga olgan holda qurish.

x_2, x_3 omillar ahamiyatli omillar hisoblanadi.

Chiziqli regressiya tenglamasini qurish uchun MS Excel jadval muharririning «Данные, Анализ данных, Регрессия» funksiyasidan foydalanamiz.

Regressiya parametrlarini kiritish oynasida ma'lumotlarning mos diapozonini berib quyidagi natijalarni olamiz:

Ko'plikdagi korrelyasiya koeffitsiyenti $R=0,702$,

Determinatsiya koeffitsiyenti $R^2=0,493$,

$F_{his}=13,12$,

Regressiya tenglamasi ahamiyatlilik darajasi $\alpha = 0,0001$.

2.9-jadval

Regression tahlil natijalari

Ko'rsatkichlar	Regressiya tenglamasi koeffitsiyentlari	Koeffitsiyentlarni aniqlanishdagi standart hatoligi	t-statistika	Ehtimollik hatoligi α	95% dan quyi limitlar	95% dan yuqori limitlar
y	-89,520	50,898	-1,759	0,090	-193,954	14,914
x_2	4,082	1,526	2,674	0,013	0,950	7,214
x_3	0,361	0,139	2,592	0,015	0,075	0,647

2.9-jadvaldan ko'rinib turibdiki, regressiya tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$y = -89,520 + 4,082x_2 + 0,361x_3.$$

7) Qoldiqlar qatorining $\alpha = 0,05$ ahamiyatlilik darajasi bilan gomoskedastligi to'g'risidagi farazni tekshirish (6-ilova).

Regressiya tenglamasi bo'yicha o'zgaruvchilarning model qiymatlari va mos qoldiqlarini hisoblaymiz:

2.10-jadval

Hisoblash natijalari

kuzatishlar	y	x_2	x_3	$\hat{y} = f(x)$	$\varepsilon = \hat{y} - y$
1	113	38	163	124,49	11,49
2	124	38	165	121,13	-2,87
3	124	38	163	124,49	0,49
4	122	36	163	116,32	-5,68
5	128	37	152	116,43	-11,57
6	140	39	176	133,27	-6,73
7	117	36	155	113,43	-3,57
8	113	36	164	116,69	3,69

9	122	38	175	128,82	6,82
10	139	38	194	135,69	-3,31
11	126	39	167	130,02	4,02
12	125	38	164	124,85	-0,15
13	124	37	175	124,74	0,74
14	121	37	162	120,05	-0,95
15	123	38	168	126,29	3,29
16	120	38	160	123,40	3,40
17	125	37	167	121,85	-3,15
18	118	37	163	120,41	2,41
19	122	38	162	124,13	2,13
20	133	39	184	136,16	3,16
21	136	39	167	130,02	-5,98
22	136	37	166	121,49	-14,51
23	138	39	166	129,65	-8,35
24	124	38	176	129,19	5,19
25	123	38	156	121,96	-1,04
26	149	39	194	139,77	-9,23
27	126	38	182	131,35	5,35
28	109	37	164	120,77	11,77
29	120	38	170	127,02	7,02
30	115	37	165	121,13	6,13

2.10-jadvalning ma'lumotlarini x_2 va x_3 o'zgaruvchilar bo'yicha saralab olamiz (2.11jadval)

2.11-jadval

2.10-jadval ma'lumotlarini x_2 va x_3 o'zgaruvchilar bo'yicha saralash natijalari

x_2 bo'yicha saralash natijalari			x_3 bo'yicha saralash natijalari		
$\varepsilon = (y - y)$	x_2	x_3	$\varepsilon = (y - y)$	x_2	x_3
-5,68	36	163	-11,57	37	152
-3,57	36	155	-3,57	36	155
3,69	36	164	-1,04	38	156
14,51	37	166	3,40	38	160
11,57	37	152	0,95	37	162
-3,15	37	167	2,13	38	162
-2,87	37	165	-5,68	36	163
0,95	37	162	2,41	37	163
0,74	37	175	0,49	38	163
2,41	37	163	11,49	38	163
6,13	37	165	3,69	36	164

11,77	37	164	11,77	37	164
-3,31	38	194	-0,15	38	164
-1,04	38	156	-2,87	37	165
-0,15	38	164	6,13	37	165
0,49	38	163	-14,51	37	166
2,13	38	162	-8,35	39	166
3,29	38	168	-3,15	37	167
3,40	38	160	-5,98	39	167
5,19	38	176	4,02	39	167
5,35	38	182	3,29	38	168
6,82	38	175	7,02	38	170
7,02	38	170	0,74	37	175
11,49	38	163	6,82	38	175
9,23	39	194	5,19	38	176
8,35	39	166	-6,73	39	176
-6,73	39	176	5,35	38	182
-5,98	39	167	3,16	39	184
3,16	39	184	-3,31	38	194
4,02	39	167	-9,23	39	194

2.11-jadvalda to‘q rang bilan keyinchalik qayta ko‘rilmaydigan ma’lumotlar ajratib ko‘rsatilgan.

a) qoldiqlar qatorining x_2 o‘zgaruvchi bo‘yicha gomoskedastligini tekshirish uchun 2.11-jadvaldan x_2 o‘zgaruvchi bo‘yicha saralab olingan ma’lumotlarning birinchi va ikkinchi guruhi bo‘yicha 2 ta regressiya tenglamasini $\varepsilon = a + b_2x_2 + b_3x_3$ qurib olamiz va $n_0 = 11$ va $p = 2$ dagi qoldiqlarning kvadratlari qoldiq summolari (S_1) va (S_2) larni aniqlab olamiz:

$$1) \varepsilon = 27,071 - 2,675x_2 + 0,4196x_3, \quad S_1 = 326,42.$$

$$2) \varepsilon = 436,74 - 10,70x_2 - 0,133x_3, \quad S_2 = 184,00.$$

Quidagi munosabatni hisoblaymiz

$$R = \max(S_2, S) / \min(S_2, S) = 326,42 / 184,00 = 1,77$$

va Fisherning F -mezonining F_{jadv} kritik qiymatini aniqlaymiz:

$$F_{jadv} = F.OBP.IIX(0,05; n_0 - p; n_0 - p) = F.OBP.IIX(0,05; 11 - 2; 11 - 2) = F.OBP.IIX(0,05; 9; 9) = 3,18.$$

Shart bajarilmaganligi uchun

$$R = 1,77 > F_{jadv} = 3,18$$

x_2 o'zgaruvchi bo'yicha qoldiqlar dispersiyasining doimiyligi to'g'risidagi tahminni rad qilishga asos yo'q.

b) qoldiqlar qatorining x_3 o'zgaruvchi bo'yicha gomoskedastligini tekshirish uchun 2.11-jadvaldan x_3 o'zgaruvchi bo'yicha saralab olingan ma'lumotlarning birinchi va ikkinchi guruhi bo'yicha 2 ta regressiya tenglamasini $\varepsilon = a + b_2x_2 + b_3x_3$ qurib olamiz va $n_0 = 11$ va $p = 2$ dagi qoldiqlarning kvadratlari qoldiq summolari (S_1) va (S_2) larni aniqlab olamiz:

$$1) \varepsilon = -249,8 - 2,687x_2 + 0,936x_3, \quad S_1 = 142,2,$$

$$2) \varepsilon = 154,6 - 2,456x_2 - 0,332x_3, \quad S_2 = 166,4.$$

Quidagi munosabatni hisoblaymiz

$$R = \max(S_2, S) / \min(S_2, S) = 166,4 / 142,2 = 1,17.$$

Fisher F -kriteriysining kritik qiymati $F_{jadv} = 3,18$ ga teng.

Shart bajarilmaganligi uchun

$$R = 1,17 > F_{jadv} = 3,18,$$

x_3 o'zgaruvchi bo'yicha qoldiqlar dispersiyasining doimiyligi to'g'risidagi tahminni rad qilishga asos yo'q.

8) $y = -89,520 + 4,082x_2 + 0,361x_3$ tenglama asosida xususiy regressiya tenglamalarini qurish.

O'zgaruvchilarning o'rtacha qiymatlari $\bar{x}_2, \bar{x}_3, \bar{y}$ ni MS Excel jadval muharririning CP3HA4() funksiyasi orqali hisoblaymiz.

$$\bar{x}_2 = \text{CP3HA4}(B2:B31) = 37,70; \quad \bar{x}_3 = 168,27; \quad \bar{y} = 125,17.$$

Xususiy regressiya tenglamasining ozod hadlarini hisoblaymiz (2.7)

$$A_2 = a + b_3 \cdot x_3 = -89,520 + 0,361 \cdot 168,27 = -28,77,$$

$$A_3 = a + b_2 \cdot x_2 = -89,520 + 4,082 \cdot 37,70 = 64,37.$$

Xususiy regressiya tenglamalari quyidagicha bo'ladi:

$$y_{y,x_2} = -28,77 + 4,082x_2, \quad y_{y,x_3} = 64,37 + 0,361x_3.$$

9) O'rtacha xususiy elastiklik koeffitsiyentlarini aniqlash (2.6, (2.9) formula)

$$\bar{\vartheta}_{y,x_2} = b_2 \frac{\bar{x}_2}{\bar{y}_{y,x_3}} = 4,082 \frac{37,70}{125,17} = 1,229; \quad \bar{\vartheta}_{y,x_3} = b_3 \frac{\bar{x}_3}{\bar{y}_{y,x_3}} = 0,361 \frac{168,27}{125,17} = 0,485.$$

Natijalar

1) Omillarning kolleniarlikka tekshirish ular orasida kolleniarlik yo'qligini ko'rsatdi.

2) Chiziqli ko'p omilli regressiya tenglamasi

$$y = -99,816 + 0,154x_1 + 4,459x_2 + 0,324x_3.$$

3) Ko'plik korrelyasiya koeffitsiyenti R va determinatsiya koeffitsiyenti R^2 qiymatlari

$$R = 0,748; \quad R^2 = 0,560.$$

4) Regressiya tenglamasi ahamiyatligini tekshirish.

$$y = -99,816 + 0,154x_1 + 4,459x_2 + 0,324x_3$$

Topilgan regressiya tenglamasi $\alpha = 0,05$ qiymatdorlik darajasida ahamiyatli.

5) Regressiya tenglamasi koeffitsiyentlari ahamiyatligini tekshirish.

a, b_2, b_3 parametrlar bahosi $\alpha = 0,05$ qiymatdorlik darajasida ahamiyatli,

b_1 qiymat esa $\alpha = 0,05$ qiymatdorlik darajasida ahamiyatli emas.

6) Faqat ahamiyatli omillarni hisobga olgan holda chiziqli ko'p omilli regressiya tenglamasi topish.

Regressiya tenglamasini ko'rinishi: $y = -89,520 + 4,082x_2 + 0,361x_3.$

7) Qoldiqlar qatorining gomoskedastligi to'g'risidagi gipotezani $\alpha = 0,05$ ahamiyatlilik darajasi bo'yicha tekshirish.

Qoldiqlar dispersiyasi x_2 va x_3 o'zgaruvchilar bo'yicha o'zgaras (qoldiqlar gomoskedast bo'ladi).

8) Regressiya xususiy tenglamalari

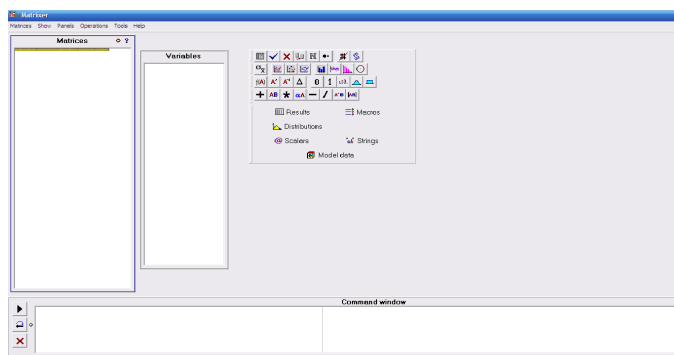
$$y_{y,x_2} = -28,77 + 4,082x_2, \quad y_{y,x_3} = 64,37 + 0,361x_3.$$

9) O'rtacha xususiy elastiklik koeffitsiyentlari

$$\bar{\Theta}_{y,x_2} = 1,228; \quad \bar{\Theta}_{y,x_3} = 0,485.$$

2. Korrelyatsion va regression tahlil uchun Matritser 5.1 imkoniyatidan foydalanish

Dastur ma'lumotlarni ekonometrik va statistik usullar asosida tahlil qilish va qayta ishlash uchun yaratilgan. Asosiy ob'yekti matritsa hisolanadi (vektorlar satr matritsa sifatida qaraladi). MS Excel dasturi ma'lumotlari bilan almashish imkoniyati mavjud.

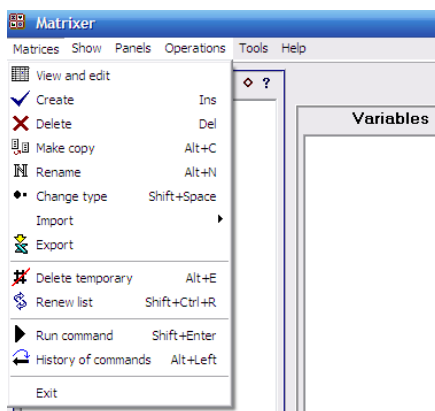


2.2-rasm. Matixer 5.1 dasturining asosiy oynasi

2.1. Korrelyatsion tahlil

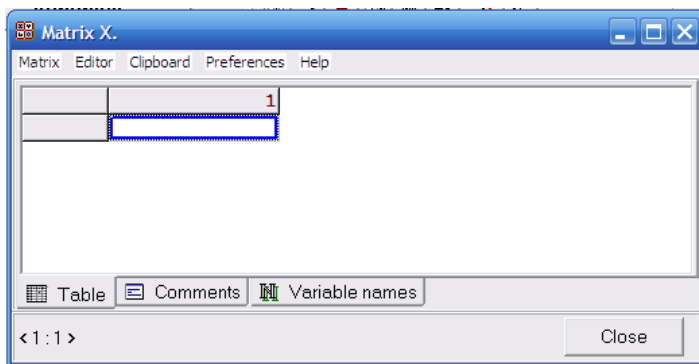
Jadvalda berilgan x_j ning ma'lumotlari asosida korrelyatsion matritsa $\{r_{x_i x_j}\}$ (juft korrelyatsiya matritsasi) ni tuzamiz.

Yangi ob'yekt - X matritsani berilgan ma'lumotlar ustunlarini yaratamiz. Buning uchun menyu satridan "Matrices, Create" buyrug'ini yoki  tugmachasini bosamiz.



2.3-rasm. "Matrices, Create" menyu oynasini chaqirish

Ob'yektga (X) nom berilgandan keyin ma'lumotlarni kiritish oynasi hosil bo'ladi (2.4-rasm).



2.4-rasm. Ma'lumotlarni kiritish oynasi

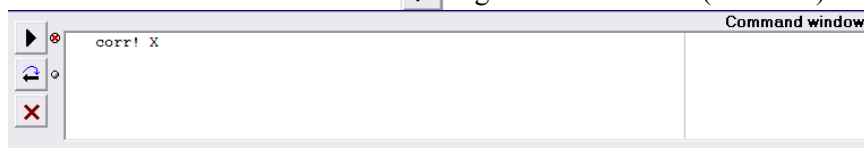
Ma'lumotlarni klaviatura orqali yoki berilgan jadval ma'lumotlaridan nusxa ko'chirgan holda kiritish mumkin. Ma'lumotlar kiritilgandan so'ng X matritsaning ko'rinishi quyidagicha bo'ladi.

The screenshot shows the 'Matrix X.' application window with a 26x4 matrix of data. The columns are labeled 1, 2, and 3. The rows are numbered 1 through 26. The status bar at the bottom shows '< 31 : 4 >' and a 'Close' button.

	1	2	3
1	10.	38.	163.
2	5.	37.	165.
3	10.	38.	163.
4	13.	36.	163.
5	9.	37.	152.
6	14.	39.	176.
7	12.	36.	155.
8	15.	36.	164.
9	13.	38.	175.
10	27.	38.	194.
11	8.	39.	167.
12	17.	38.	164.
13	7.	37.	175.
14	15.	37.	162.
15	24.	38.	168.
16	16.	38.	160.
17	10.	37.	167.
18	12.	37.	163.
19	8.	38.	162.
20	29.	39.	184.
21	9.	39.	167.
22	91.	37.	166.
23	14.	39.	166.
24	12.	38.	176.
25	11.	38.	156.
26	8.	39.	194.

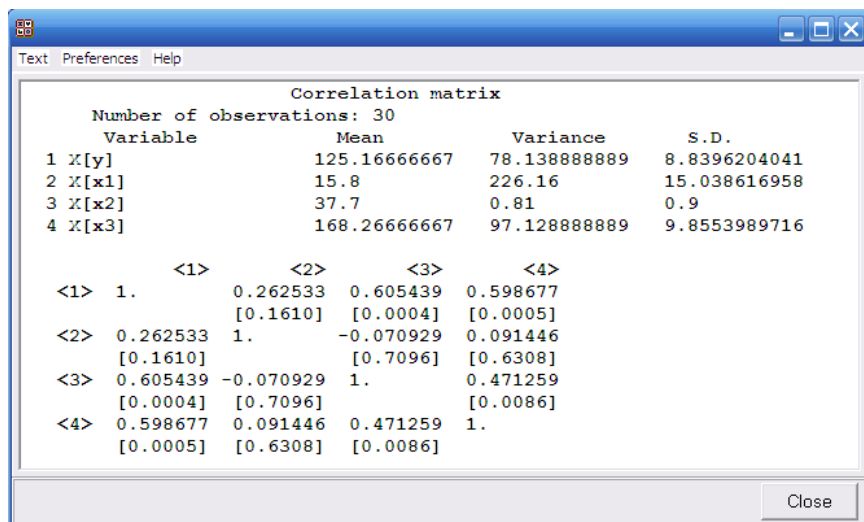
2.5-rasm. X matritsa ma'lumotlari oynasi

Korrelyatsiya matritsasini homil qilish uchun buyruqlar oynasiga “corr! X” formulani kiritamiz va  tugmachani bosamiz (2.6-rasm).



2.6-rasm. Matrxer 5.1 dasturining buyruqlar oynasi

Natijada qidirilayotgan matritsa quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi (2.7-rasm).



2.7-rasm. Korrelyatsion tahlil natijalari oynasi

Qo‘shirnoq ichidagi qiymatlar korrelyatsiya koeffitsiyentlarining standart xatolarini bildiradi. Korrelyatsion matritsa quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi.

	1-ustun	2-ustun	3-ustun
1-satr	1	-0,071	0,091
2-satr	-0,071	1	0,471
3-satr	0,091	0,471	1

2.8-rasm. Korrelyatsion matritsa

2.2. Regression tahlil

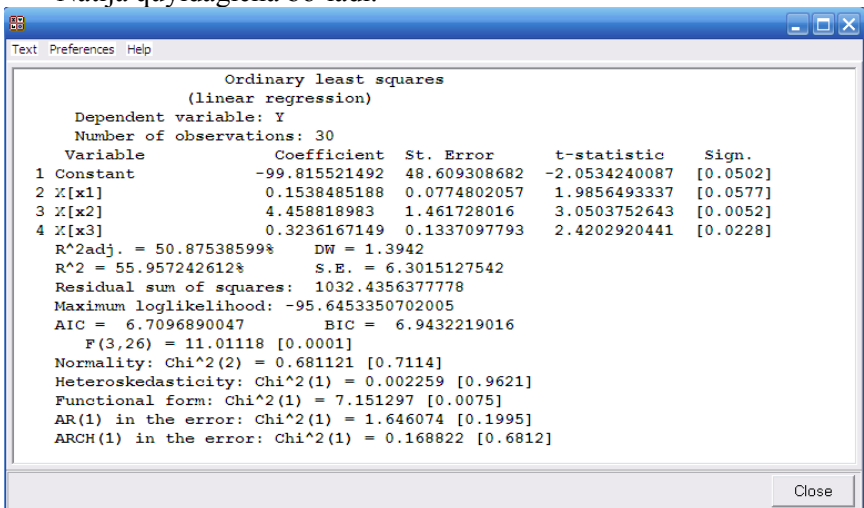
Ko'p omilli regressiya tenglamasini y , x_j va $(y_i, x_{j,i})$ o'zgaruvchilarni $p+1$ o'zgarishlarni hisobga oluvchi kuzatish ma'lumotlari asosida qurishni ko'rib chiqamiz ($j=1,2,\dots,p$; $i=1,2,\dots,n$) (2.5-jadval).

Yangi Y vektorni avvalgi bo'limda o'zgaruvchilarni o'z ichiga olgan 2.2-rasmdagi ma'lumotlar asosida yaratamiz. Chiziqli ko'p omilli regressiya tenglamasini qurish uchun buyruqlar oynasiga "Y: 1 X" formulasini kiritamiz (2.9-rasm) va  tugmachani bosamiz. Formuladagi bir birlik regressiya tenglamasidagi erkin o'zgaruvchilarni bildiradi.



2.9-rasm. Matrxer 5.1 dasturining buyruqlar oynasi

Natija quyidagicha bo'ladi.



2.10-rasm. Regression tahlilning natijalar oynasi

Qidirilayotgan chiziqli regressiya tenglamasining koeffitsiyentlari regression tahlil natijalari jadvalining “Coefficient” ustunidan olinadi va regressiya tenglamasining ko‘rinishi quyidagicha bo‘ladi

$$\hat{y} = -99,816 + 0,154x_1 + 4,459x_2 + 0,324x_3.$$

“St. error” ustuni regressiya tenglamasidagi koeffitsiyentlarni aniqlashdagi standart xatolikni bildiradi.

“t-statistic” ustuni koeffitsiyentlar uchun Styudent myezoni bo‘yicha aniqlangan hisoblangan qiymatini bildiradi.

“Sign.” ustuni α_0 koeffitsiyentning eng quyi ahamiyatlilik darajasini bildiradi.

Determinatsiya koeffitsiyenti $R^2=0,50875$.

Modifikatsiyalangan determinatsiya koeffitsiyenti $R^2=0,55957$.

2.4. Nazorat topshiriqlari

1-topshiriq.

19 ta ulgurji savdo korxonalari bo‘yicha savdo hajmining (y) chakana savdo maydoni (x_1) va tovar-moddiy zaxiralar (x_2) hajmiga bog‘liqligi o‘rganildi.

Quyidagi regressiya tenglamalari olingan:

$$1. \quad y = 25 + 15x_1 \quad r^2 = 0,90;$$

$$2. \quad y = 42 + 27x_2 \quad r^2 = 0,84;$$

$$3. \quad y = 30 + \underset{(2,5)}{10} x_1 + \underset{(4,0)}{8} x_2 \quad R^2 = 0,92;$$

$$4. \quad y = 21 + \underset{(5,0)}{14} x_1 + \underset{(12,0)}{20} x_2 + 0,6x_2^2 \quad R^2 = 0,95.$$

Qavslar ichida regressiya koeffitsiyentlari uchun standart xatolar qiymati ko‘rsatilgan.

Topish kerak.

1. Natijaning har bir omil bilan o‘zaro bog‘liqligini tahlil qiling.
2. Eng yaxshi regressiya tenglamasini tanlang, qarorni asoslang.

2-topshiriq.

Shahardagi uy-joy bozorini o‘rganish uchun, 46 ta kottej ma’lumotlari bo‘yicha ko‘p omilli regressiya tenglamasi tuzilgan:

$$y = 21,1 - \underset{(1,8)}{6,2}x_1 + \underset{(0,54)}{0,95}x_2 + \underset{(0,83)}{3,57}x_3; \quad R^2 = 0,7.$$

Bu yerda, y - obyekt narxi, ming doll.;

x_1 - shahar markazigacha masofa, km ;

x_2 – obyektning foydalanish maydoni, $\kappa\text{B.M.}$;

x_3 – uylarning qavatlar soni, birlik;

R^2 – ko‘plikdagi determinatsiya koeffitsiyenti.

Qavslar ichida bir nechta regressiya koeffitsiyentlari uchun standart xatolarning qiymatlari berilgan.

Topish kerak.

1. Bosh to‘plamdagi b_1 regressiya koeffitsiyenti nolga tengligi haqidagi gipotezani tekshiring.
2. Bosh to‘plamdagi b_2 regressiya koeffitsiyenti nolga tengligi haqidagi gipotezani tekshiring.
3. Bosh to‘plamdagi b_3 regressiya koeffitsiyenti nolga tengligi haqidagi gipotezani tekshiring.
4. Bosh to‘plamdagi b_1 , b_2 va b_3 regressiya koeffitsiyentlari nol (yoki aniqlash koeffitsiyenti nolga teng) degan gipotezani tekshiring.
5. 4-shartda olingan natijalar bilan va 1, 2 va 3 shartlarda olingan natijalar o‘rtasidagi tafovut sabablarini tushuntiring.

3-topshiriq.

Iqtisodiy o‘rishni belgilaydigan omillarni o‘rganish natijasida 73 mamlakat uchun quyidagi regressiya tenglamasi olingan:

$$\hat{G} = 1,4 - 0,52P + 0,17S + 11,16I - 0,38D - 4,75In, \quad R^2 = 0,60,$$

$(-5,9) \quad (4,34) \quad (3,91) \quad (-0,79) \quad (-2,7)$

$\hat{G}$ – iqtisodiy o‘rish sur‘atlari (aholi jon boshiga YaIMning o‘rish sur‘ati bazis davriga nisbatan%);

P – real aholi jon boshiga YaIM, %;

S – byudjet taqchilligi, % YaIM nisbatan;

I – investitsiya hajmi, % YaIM nisbatan;

D – tashqi qarz, % YaIM nisbatan;

In – inflyatsiya darajasi, %.

Qavslar ichida ko‘p regressiya koeffitsiyentlari uchun t -mezoning haqiqiy qiymatlar ko‘rsatilgan.

Topish kerak.

1. Olingan modelning ishonchliligi haqidagi taxminni tekshiring.
2. Ushbu modelning empirik natijalari iqtisodiy o‘rish sur‘ati va mamlakatning tashqi qarzi (YaIMga nisbatan %) o‘rtasida teskari bog‘liqlik borligi yoki yo‘qligini tekshiring.

4-topshiriq.

Yengil sanoatning 20 ta korxonasi bo'yicha y (million so'm) ishlab chiqarish hajmining yiliga x_1 (ming kishi-soat) va ishlab chiqarish uskunalarining o'rtacha yillik xarajatlari x_2 (million so'm) ga bog'liqligini tavsiflovchi quyidagi ma'lumotlar olindi:

Regressiya tenglamasi	$y = 35 + 0,06x_1 + 2,5x_2$
Ko'plikdagi korrelyatsiya koeffitsiyenti	0,9
Olingan natijaning hisoblangan qiymatlarining haqiqiysidan kvadratik chetlanishlari yig'indisi	3000

Topish kerak.

1. Ushbu modeldagi determinatsiya koeffitsiyentini aniqlang.
2. Dispersion tahlil natijalari jadvalini tuzing.
3. Regression tahlilning olingan natijalarini tahlil qiling.

5-topshiriq.

Ko'p tarmoqli fermer xo'jaliklarining mahsulot ishlab chiqarish hajmining ishchi kuchi va mineral o'g'lar iste'moliga bog'liqligini tahlil qiling. Buning uchun 20 ta fermer xo'jaliklari bo'yicha quyidagi ma'lumotlar to'plandi:

y - fermer xo'jaliklarining o'rtacha yillik mahsuloti (million so'm),

x_1 - fermer xo'jaliklari ishchilarining o'rtacha yillik ish haqi miqdori,

x_2 - yiliga o'rtacha sarflangan mineral o'g'itlar (tonna).

Quyida ushbu ma'lumotlar qatorining korrelyatsion tahlili natijalari keltirilgan.

Juft korrelyatsiya koeffitsiyenti matritsasi:

Berilgan o'zgaruvchilar uchun			
	y	x_1	x_2
y	1,00		
x_1	0,78	1,00	
x_2	0,86	0,96	1,00

Berilgan o'zgaruvchilarining natural logarifmlari uchun			
	$\ln y$	$\ln x_1$	$\ln x_2$
$\ln y$	1,00		
$\ln x_1$	0,86	1,00	
$\ln x_2$	0,90	0,69	1,00

Topish kerak.

1. Yuqoridagi koeffitsiyentlarning ma'nosini tushuntiring.
2. Ushbu ma'lumotdan foydalanib, quyidagilar haqida taxminlaringizni izohlang:

a) Chiziqli regressiya tenglamalaridagi regressiya koeffitsiyentlarining y ning x_1 ($y = a + bx_1$) bo'yicha va y ning x_2 ($y = a + bx_2$) bo'yicha ishoralari;

6) x_1 va x_2 o'zgaruvchilar uchun ko'p o'zgaruvchili regressiyaning chiziqli tenglamasi va Kobba-Duglas funksiyasi ko'rinishidagi ko'p regressiya tenglamasida regressiya koeffitsiyentlarining ahamiyatligini.

3. Juft chiziqli $y = a + bx_1$ va $y = a + bx_2$ regressiya tenglamalarida determinatsiya koeffitsiyentlarining qiymatlarini aniqlang. Ushbu tenglamalardan qaysi biri yaxshiroq?

4. Ko'p omilli chiziqli regressiya tenglamasi uchun xususiy korrelyatsiya koeffitsiyentlarini aniqlang.

5. Ko'p omilli chiziqli regressiya tenglamasini standartlashtirilgan shkalada toping va xulosa chiqaring.

6-topshiriq.

Mamlakatning 25 tumani bo'yicha iqlim sharoitining don hosildorligiga ta'siri y (s/ga) o'rganilgan. Buning uchun ikkita izohlovchi omillar tanlandi:

x_1 - vegetatsiya davridagi yog'ingarchilik (mm);

x_2 - o'rtacha havo harorati ($^{\circ}\text{C}$).

Ushbu ko'rsatkichlar juft korrelyatsiya koeffitsiyentlarining matrissasi quyidagi shaklga ega:

	y	x_1	x_2
y	1,0		
x_1	0,6	1,0	
x_2	-0,5	-0,9	1,0

Topish kerak.

1. Har bir omil bo'yicha natijaning xususiy korrelyatsiya koeffitsiyentlarini aniqlang. Olingan juftlik va xususiy korrelyatsiya koeffitsiyentlari o'rtasidagi farqni izohlang.

2. Ushbu munosabatni tahlil qiluvchi tadqiqotchi yuqoridagi matrissaga asoslanib, qaysi regressiya tenglamasini tuzish yaxshiroq ekanligini aniqlamoqchi:

a) x_1 ga y ning juft chiziqli regressiyasi;

6) x_2 ga y ning juft chiziqli regressiyasi;

b) ko‘plikdagi chiziqli regressiya.

Ushbu savollarga qanday javob bergan bo‘lardingiz?

3. Regressiya tenglamasini standartlashtirilgan shkalada tuzing va xulosa chiqaring.

7-topshiriq.

30 ta kuzatuvga ko‘ra, juft korrelyasiya koeffitsiyentlarining matrissasi quyidagicha:

	y	x_1	x_2	x_3
y	1,00			
x_1	0,30	1,00		
x_2	0,60	0,10	1,00	
x_3	0,40	0,15	0,80	1,00

Topish kerak.

1. Regressiya tenglamasini standart usulda tuzing va xulosa chiqaring.
2. Ko‘p korrelyasiya indeksini aniqlang (tuzatilmagan va sozlangan).
3. x_2 va x_3 o‘zgaruvchilarni modelga kiritgandan so‘ng x_1 o‘zgaruvchini modelga kiritish maqsadga muvofiqligini baholang.

8-topshiriq.

20 ta sanoat korxonalari uchun mahsulot ishlab chiqarish y (million so‘m) korxona ishchilar soni x_1 (odam) soniga va asosiy fondlarning o‘rtacha yillik qiymati x_2 (million so‘m) ga bog‘liqligi bo‘yicha quyidagi regressiya tahlilining natijalari olingan:

Determinatsiya koeffitsiyenti 0,81

Ko‘plikdagi korrelyasiya ???

koeffitsiyenti

Regressiya tenglamasi $\ln y = ??? + 0,48 \ln x_1 + 0,62 \ln x_2$

Parametrlarning standart xatosi 2 0,06 ???

Parametrlar uchun t -kriteriyasi 1,5 ??? 5

Topish kerak.

1. Regressiya tenglamasini toping.
2. Qoldirilgan xarakteristikani toping.
3. 0,95 ehtimollik bilan regressiya koeffitsiyentlariga ishonch intervallarini tuzing.

4. Regressiya natijalarini tahlil qiling.

9-topshiriq.

30 ta sanoat korxonalari uchun mahsulot ishlab chiqarish y (million so'm) bilan korxona ishchilar soni x_1 (odam) soniga va asosiy fondlarning o'rtacha yillik qiymati x_2 (million so'm) ga bog'liqligi bo'yicha quyidagi regressiya tahlilining natijalari olingan:

Determinatsiya koeffitsiyenti	???
Ko'plikdagi korrelyasiya koeffitsiyenti	0,85
Regressiya tenglamasi	$y = ??? + 0,48x_1 + 20x_2$
Parametrlarning standart xatosi	2 0,06 ???
Parametrlar uchun t -kriteriyasi	1,5 ??? 4

Topish kerak.

1. Qoldirilgan xarakteristikani toping.
2. 0,95 ehtimollik bilan regressiya koeffitsiyentlariga ishonch intervallarini tuzing.
3. Regressiya natijalarini tahlil qiling.

10-topshiriq.

Tumandagi 20 ta fermer xo'jaligidan olingan ma'lumotlarga ko'ra, dehqonchilik mahsulotining y (million so'm) miqdorini uchta omilga bog'liqligi o'rganilmoqda: ishchilar soni L (kishi), 1 ga ekilgan ekin uchun mineral o'g'itlar miqdori M (kg) va vegetatsiya davrida yog'ingarchilik miqdori R (g). Quyidagi regressiya tenglamalari va regressiya koeffitsiyentlariga ishonch intervallari olingan (2.12 va 2.13-jadvallar):

1) $\hat{y} = -5 + 0,8L + 1,2M$, $R^2 = 0,75$.

2.12-jadval

Chegara	Omillar bo'yicha regressiya koeffitsiyentlari uchun ishonch intervallari	
	L	M
Quyi	0,4	???
Yuqori	???	1,4
Izoh. Ishonch intervallari $P=0,95$ ehtimol bilan tuzilgan.		

2) $\hat{y} = 2 + 0,5L + 1,7M - 2R$, $R^2 = 0,77$.

2.13-jadval

Chegara	Omillar bo'yicha regressiya koeffitsiyentlari uchun ishonch intervallari		
	L	M	R
Quyi	0,1	???	???
Yuqori	???	2,3	1,5
Izoh. Ishonch intervallari $P=0,95$ ehtimol bilan tuzilgan			

Topish kerak.

1. Har bir tenglamada tushirib qoldirilgan ishonch intervallarining chegaralarini toping.
2. Eng yaxshi regressiya tenglamasini tanlang. Ularning parametrlari va regressiya koeffitsiyentlariga ishonch intervallarini izohlang.
3. 2-tenglamadagi R omil uchun regressiya koeffitsiyenti Stuydentning t -mezoni bo'yicha sizning takliflaringiz qanday?

11-topshiriq.

20 ta fermer xo'jaligidan olingan ma'lumotlarga ko'ra, hosilning y (million so'm) miqdorini to'rt omilga bog'liqligini o'rganamiz: ishchilar soni L (odamlar), 1 ga ekilgan ekin uchun mineral o'g'itlar miqdori M (kg) va davrdagi yog'ingarchilik miqdori R (g) va tuproqning sifati Q (ballar). Regressiya tenglamalarining quyidagi versiyalari va regressiya koeffitsiyentlari uchun ishonch oraliqlari olingan (2.14 va 2.15 jadvallar):

$$1) \hat{y} = 2 + 0,5L + 1,7M - 2R, \quad R^2 = 0,77.$$

2.14-jadval

Chegara	Omillar bo'yicha regressiya koeffitsiyentlari uchun ishonch intervallari		
	L	M	R
Quyi	0,1	???	???
Yuqori	???	2,3	1,5
Izoh. Ishonch intervallari $P=0,95$ ehtimol bilan tuzilgan			

$$2) \hat{y} = 6,4 + 0,7L + 1,5M - 2R + 0,8Q, \quad R^2 = 0,81.$$

2.15-jadval

Chegara	Omillar bo'yicha regressiya koeffitsiyentlari uchun ishonch intervallari			
	L	M	R	Q
Quyi	0,3	-0,2	???	0,4
Yuqori	???	???	-1,2	1,2

Izoh. Ishonch intervallari $P=0,95$ ehtimol bilan tuzilgan

Topish kerak.

1. Tushirib qoldirilgan ishonch oraliqlarini tiklash.
2. Eng yaxshi regressiya tenglamasini tanlang. Namuna sifatida omil belgilaridan birini ishlatib, ularning parametrlari va regressiya koeffitsiyentlariga ishonch intervallarini izohlang.
3. $y = f(L, M, R)$ modelga Q omil qo'shishning maqsadga muvofiqligini baholang.

12-topshiriq.

2010-2017 yillarda olingan shartli ma'lumotlar asosida ishlab chiqarish funksiyasi quyidagi tenglama bilan tavsiflanadi

$$\lg \hat{P} = 0,552 + \underset{(0,584)}{0,276 \lg Z} + \underset{(0,069)}{0,521 \lg K}, \quad R^2 = 0,9843; \quad r_{PZ}^2 = 0,7826; \quad r_{PK}^2 = 0,9836.$$

Bu yerda, P - sanoat ishlab chiqarish indeksi;

Z - ishchilar soni;

K - kapital.

Qavslar ichida regressiya koeffitsiyentlari uchun standart xatolar qiymati ko'rsatilgan.

Topish kerak.

1. Regressiya tenglamasining parametrlariga izoh bering.
2. Studentning t -mezonidan foydalanib, regressiya parametrlarining ahamiyatini baholang va modeldagi omillarni kiritish maqsadga muvofiqligi to'g'risida tegishli xulosalar chiqaring.
3. Fisherning F -mezonidan foydalanib, butun regressiya to'g'risidagi bilimlarning ahamiyatini baholang
4. F -mezonning qisman qiymatlari qiymatlarini toping va tegishli xulosalar chiqaring.
5. Modelga kiritilmagan, ammo sanoat ishlab chiqarish indeksidagi o'zgarishlarning ahamiyati nimada?

13-topshiriq.

30 ta kuzatuv natijasida quyidagi ma'lumotlar olingan:

Regressiya tenglamasi	$\hat{y} = a + 0,176x_1 + 0,014x_2 - 7,75x_3$
Determinatsiya koeffitsiyenti	0,65
$\bar{y}$	200
$\bar{x}_1$	150
$\bar{x}_2$	20

$\bar{x}_3$	100
-------------	-----

Topish kerak.

1. Tuzatilgan korrelyasiya koeffitsiyentini toping, butun regressiya tenglamasining ahamiyatini baholang.
2. Xususiy elastiklik koeffitsiyentlarini aniqlang.
3. a parametrlarini baholang.

14-topshiriq.

A mahsulotni x_1 (ming dona) va B mahsulotni x_2 (ming dona) ishlab chiqarish hajmiga nisbatan elektr energiyasini iste'mol qilish y (ming kVt/s) bog'liqligi quyidagicha tavsiflanadi:

Standart shakldagi regressiya tenglamasi	$\hat{t}_y = 0,79t_{x_1} + 0,56t_{x_2}$
Determinatsiya koeffitsiyenti	0,95
Variatsiya koeffitsiyenti y , V_y	27%
Variatsiya koeffitsiyenti x_1 , V_{x_1}	45%
Variatsiya koeffitsiyenti x_2 , V_{x_2}	40%

Topish kerak.

1. Natijalarga omillarning ta'sir etish kuchi to'g'risida xulosa chiqaring.
2. Ko'rib chiqilgan xususiyatlarning o'zgaruvchanlik koeffitsiyentlari qiymatlarini hisobga olib, xususiy elastiklik koeffitsiyentlarini aniqlang va ulardan xulosalar chiqaring.
3. 30 ta kuzatuv bo'yicha tuzilganligini hisobga olib, regressiya tenglamasining ahamiyatligini baholang.

15-topshiriq.

25 ta kuzatishlar bo'yicha ma'lumotlar mavjud (2.16-jadval).

2.16-jadval

O'zgaruvchi	O'rtacha qiymat	Variatsiya koeffitsiyenti, %	Regressiya tenglamasi
y	35	20	$\hat{y} = 20 + x_1 - 2,0x_2$
x_1	16	30	$\hat{y} = 9 + 1,1x_1$
x_2	8	10	$\hat{y} = 4 - 4,1x_2$

Topish kerak.

1. $r_{x_1x_2} = -0,35$ ni bilgan holda, har bir regressiya tenglamasining ahamiyatini baholang.
2. Ikki tushuntiruvchi o'zgaruvchi bilan tenglamaning regressiya koeffitsiyentlarining ahamiyatini baholang.
3. Xususiy korrelyasiya ko'rsatkichlarini aniqlang.
4. Xususiy elastiklik koeffitsiyentlarini aniqlang.

16-topshiriq.

22 ta kuzatishlar bo'yicha ma'lumotlar mavjud (2.17-jadval).

2.17-jadval

O'zgaruvchi	O'rtacha qiymat	Variatsiya koeffitsiyenti, %	Regressiya tenglamasi
y	23	20	$\hat{y} = 19 - 2,0x_1 - 0,5x_2$
x_1	6	40	$\hat{y} = 9 - 1,0x_1$
x_2	8	10	$\hat{y} = 4 + 0,6x_2$

Topish kerak.

1. $r_{x_1x_2} = -0,5$ ni bilgan holda, har bir regressiya tenglamasining ahamiyatini baholang.
2. Tenglamaning regressiya koeffitsiyentlarining ahamiyatini ikki omil bo'yicha baholang.
3. Tuzatilgan ko'plikdagi korrelyasiya koeffitsiyentini toping.
4. Xususiy korrelyasiya ko'rsatkichlarini aniqlang.

17-topshiriq.

Koporatsiyaning 30 ta korxonasi uchun y (ming so'm) daromadning ishchiga x_1 (birlik) to'g'ri keladigan mahsulot ishlab chiqarish va x_2 (%) narxlar indeksiga bog'liqligi o'rganildi. Ma'lumotlar 2.18-jadvalda keltirilgan.

2.18-jadval

O'zgaruvchi	O'rtacha qiymat	O'rtacha kvadratik chetlanish	Juft korrelyasiya koeffitsiyenti
y	250	38	$r_{yx_1} = 0,68$
x_1	47	12	$r_{yx_2} = 0,63$
x_2	112	21	$r_{x_1x_2} = 0,42$

Topish kerak.

1. Chiziqli juft regressiya tenglamalarini tuzing. Fisherning F -mezonidan foydalanib, ularning ahamiyatini baholang.
2. Normallashtirilgan va tabiiy holat bo'yicha regressiya tenglamalarini toping.
3. Ko'plikdagi korrelyasiya koeffitsiyentini, umumiy va xususiy Fisher mezonlarini hisoblang va xulosalar chiqaring.

18-topshiriq.

A mahsulotlarini ishlab chiqaradigan korxonalarda elektr energiyasini iste'mol qilish y (ming kVt/soat) ishlab chiqarish - x_1 (ming birlik) va mehnatni mexanizatsiyalash darajasi - x_2 (%)ga bog'liqligi o'rganilmoqda. Ma'lumotlar 2.19-jadvalda keltirilgan.

2.19-jadval

O'zgaruvchi	O'rtacha qiymat	O'rtacha kvadratik chetlanish	Juft korrelyasiya koeffitsiyenti
y	1000	27	$r_{yx_1} = 0,77$
x_1	420	45	$r_{yx_2} = 0,43$
x_2	41, 5	18	$r_{x_1x_2} = 0,38$

Topish kerak.

1. Regressiya tenglamasini standartlashtirilgan va tabiiy holat bo'yicha tuzing.
2. Xususiy va ko'plikdagi korrelyasiya ko'rsatkichlarini aniqlang.
3. Xususiy elastiklik koeffitsiyentlarini toping va ularni β -koeffitsiyentlar bilan taqqoslang.
4. Umumiy va xususiy regressiya tenglamasini Fisherning F -mezonini baholang.

19-topshiriq.

2.20-jadvalda keltirilgan 25 ta korxonaning materiallarni iste'mol qilish y (t) bilan mehnatni elektr energiya bo'lgan te'minlanganlik x_1 (bir kVt/soat) va ishlab chiqarish x_2 (ming dona) hajmiga bog'liqlig to'g'risidagi ma'lumotlar keltirilgan.

O'zgaruvchi	O'rtacha qiymat	O'rtacha kvadratik chetlanish	Juft korrelyasiya koeffitsiyenti
y	12,0	2,0	$r_{y\alpha_1} = 0,52$
x_1	4,3	0,5	$r_{y\alpha_2} = 0,84$
x_2	10,0	1,8	$r_{x_1x_2} = 0,43$

Topish kerak.

1. Ko'p omilli regressiya tenglamasini tuzing va uning parametrlarining iqtisodiy ma'nosini tushuntiring.
2. Xususiyl elastiklik koeffitsiyentlarini va standartlashtirilgan regressiya koeffitsiyentlarini aniqlang.
3. Xususiyl va ko'plikdagi korrelyasiya koeffitsiyentlarini toping.
4. Fisherning F -mezonidan foydalanib, regressiya tenglamasining ahamiyatini baholang.

20-topshiriq.

50 ta oila uchun go'sht iste'mol qilishi y (jon boshiga, kg), oilaning daromadi x_1 (har bir oila a'zosiga so'm) va baliq iste'mol qilishi x_2 (jon boshiga, kg) ga bo'g'liqligi o'rganildi. Natijalar quyidagicha bo'ldi:

Regressiya tenglamasi	$\hat{y} = -180 + 0,2x_1 - 0,4x_2$
Parametrlarning standart xatosi	20 0,01 0,25
Ko'plikdagi korrelyasiya koeffitsiyenti	0,85

Topish kerak.

1. Styudentning t -mezonidan foydalanib, tenglama parametrlarining qiymatini baholang.
2. Fisher F -mezonini hisoblang.
3. Modelga kiritilishini muvofiqligini Fisherning F -mezonini bo'yicha baholang:
 - a) x_2 omildan keyin x_1 omilni;
 - b) x_1 omildan keyin x_2 omilni;

21-topshiriq.

Bir sohadagi 40 ta korxona uchun mehnat unumdorligi - y ning ishchilar malaka darajasi - x_1 ga va ular mehnatining energiya bilan

ta'minlanganligi - x_2 ga bog'liqligi o'rganildi. Natijalar quyidagicha bo'ldi:

Regressiya tenglamasi	$\hat{y} = a + 10x_1 + 2x_2$		
Parametrlarning standart xatosi	0,5	2	?
Parametrlar uchun t -mezon	3	?	5
Ko'plikdagi korrelyasiya koeffitsiyenti	0,85		

Topish kerak.

1. a parametrini aniqlang va etishmayotgan qiymatlarni toldiring.
2. Ko'plikdagi korrelyasiya koeffitsiyentining qiymatidan foydalanib, tenglamaning butunligini baholang.
3. Qaysi omillar natijaga kuchli ta'sir qiladi?

22-topshiriq.

Asosiy va aylanma mablag'lar qiymatining savdo korxonalarining yalpi daromadiga ta'siri o'rganildi. Buning uchun 12 ta savdo korxonalari bo'yicha 2.21-jadvalda keltirilgan ma'lumotlar olindi.

2.21-jadval

Korxona raqami	Yil uchun yalpi daromad, so'm, mln	O'rtacha yillik xarajat, million so'm	
		Asosiy fond	Aylanma mablag'lar
1	203	118	105
2	63	28	56
3	45	17	54
4	113	50	63
5	121	56	28
6	88	102	50
7	110	116	54
8	56	124	42
9	80	114	36
10	237	154	106
11	160	115	88
12	75	98	46

Topish kerak.

1. Ko'p omilli chiziqli regressiya tenglamasini tuzing va uning parametrlarining iqtisodiy ma'nosini tushuntiring.
2. Xususiy elastiklik koeffitsiyentlarini hisoblang.
3. Standartlashtirilgan regressiya koeffitsiyentlarini aniqlang.

4. Natija va omillar o'rtasidagi bog'liqlikning mustahkamligi to'g'risida xulosa qiling.
5. Juft va xususiy korrelyasiya koeffitsiyentlarini, shuningdek ko'plikdagi korrelyasiya koeffitsiyentini aniqlang; xulosa chiqaring.
6. Olingan tenglamani determinatsiya koeffitsiyenti va Fisherning F -mezoniga qarab baholang.

23-topshiriq.

2.22-jadvalda keltirilgan ma'lumotlarga ko'ra, inson taraqqiyoti indeksi y ning quyidagi o'zgaruvchilarga bog'liqligi o'rganildi:

x_1 - 1990 yilga nisbatan 1997 yil uchun YaIM, %;

x_2 - joriy narxlarida oxirgi iste'mol xarajatlari, YaIM ga nisbatan, %;

x_3 - uy xarajatlari, YaIM ga nisbatan, %;

x_4 - yalpi kapitalni shakllantirish, uy xo'jaliklari xarajatlari, YaIM ga nisbatan, %;

x_5 - kunlik kaloriya, ovqatlanish, kishi boshiga kkal;

x_6 - 1997 yilda tug'ilganlarning umr ko'rish davomiyligi, yillar soni

2.22-jadval

Mamlakat	y	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6
Avstriya	0,904	115,0	75,5	56,1	25,2	3343	77,0
Avstraliya	0,922	123,0	78,5	61,8	21,8	3001	78,2
Belorus	0,763	74,0	78,4	59,1	25,7	3101	68,0
Belgiya	0,923	111,0	77,7	63,3	17,8	3543	77,2
Buyukbritaniya	0,918	113,0	84,4	64,1	15,9	3237	77,2
Germaniya	0,906	110,0	75,9	57,0	22,4	3330	77,2
Daniya	0,905	119,0	76,0	50,7	20,6	3808	75,7
Hindiston	0,545	146,0	67,5	57,1	25,2	2415	62,6
Ispaniya	0,894	113,0	78,2	62,0	20,7	3295	78,0
Italiya	0,900	108,0	78,1	61,8	17,5	3504	78,2
Kanada	0,932	113,0	78,6	58,6	19,7	3056	79,0
Qozog'iston	0,740	71,0	84,0	71,7	18,5	3007	67,6
Xitoy	0,701	210,0	59,2	48,0	42,4	2844	69,8
Latviya	0,744	94,0	90,2	63,9	23,0	2861	68,4
Niderlandiya	0,921	118,0	72,8	59,1	20,2	3259	77,9
Norvegiya	0,927	130,0	67,7	47,5	25,2	3350	78,1
Polsha	0,802	127,0	82,6	65,3	22,4	3344	72,5
Rossiya	0,747	61,0	74,4	53,2	22,7	2704	66,6

AQSh	0,927	117,0	83,3	67,9	18,1	3642	76,7
Ukraina	0,721	46,0	83,7	61,7	20,1	2753	68,8
Finlandiya	0,913	107,0	73,8	52,9	17,3	2916	76,8
Fransiya	0,918	110,0	79,2	59,9	16,8	3551	78,1
Chexiya	0,833	99,2	71,5	51,5	29,9	3177	73,9
Shvesariya	0,914	101,0	75,3	61,2	20,3	3280	78,6
Shvesiya	0,923	105,0	79,0	53,1	14,1	3160	78,5

Topish kerak.

1. Juft korrelyasiya koeffitsiyentlari matrissasini tuzing. Har bir omilga bog'liq o'zgaruvchi sifatida foydalanib, ko'plikdagi determinatsiya koeffitsiyentlarini hisoblang. Multikolleniar omillarni aniqlang.
2. Omillarning to'liq to'plami bo'yicha ko'p omilli chiziqli regressiya tenglamasini tuzing.
3. Fisher va Styudent mezonlari yordamida regressiya tenglamasining statistik ahamiyatini va uning parametrlarini baholang
4. 1 va 3 paragraflarda informatsion omillarni tanlang. Statistik ahamiyatga ega omillar bilan regressiya tenglamasini tuzing.

24-topshiriq.

1997 yil uchun quyidagi mamlakatlar ma'lumotlari mavjud. (2.23-jadval)

2.23-jadval

Mamlakat	Inson taraqqiyoti indeksi, y	1997 yilda tug'iliganlarning umr ko'rish davomiyligi, yosh, x_1	Kaloriyalı ovqatlanish, kishi boshiga kkal, x_2
Avstriya	0,904	77,0	3343
Avstraliya	0,922	78,2	3001
Argentina	0,827	72,9	3136
Belorus	0,763	68,0	3103
Belgiya	0,923	77,2	3543
Braziliya	0,739	66,8	2938
Buyukbritaniya	0,918	77,2	3237
Vengriya	0,795	70,9	3402
Germaniya	0,906	77,2	3330
Gretsiya	0,867	78,1	3575
Daniya	0,905	75,7	3808
Misr	0,616	66,3	3289
Isroil	0,883	77,8	3272

Hindiston	0,545	62,6	2415
Ispaniya	0,894	78,0	3295
Italiya	0,900	78,2	3504
Kanada	0,932	79,0	3056
Qozog'iston	0,740	67,7	3007
Xitoy	0,701	69,8	2844
Latviya	0,744	68,4	2861
Niderlandiya	0,921	77,9	3259
Norvegiya	0,927	78,1	3350
Polsha	0,802	72,5	3344
Koreya Respublikasi	0,852	72,4	3336
Rossiya	0,747	66,6	2704
Ruminiya	0,752	69,9	2943
AQSh	0,927	76,6	3642
Turkiya	0,728	69,0	3568
Ukraina	0,721	68,8	2753
Finlandiya	0,913	76,8	2916
Fransiya	0,918	78,1	3551
Chyexiya	0,833	73,9	3177
Shvesariya	0,914	78,6	3280
Shvesiya	0,923	78,5	3160
JAR	0,695	64,1	2900
Yaponiya	0,924	80,0	2905

Topish kerak.

1. Juft korrelyasiya koeffitsiyentlari matrissasini tuzing.
2. Juft regressiya tenglamalarini tuzing.
3. Fisher va Styudent mezonlari yordamida tenglamalarning statistik ahamiyatini va ularning parametrlarini baholang.
4. Ko'p omilli regressiya tenglamasini tuzing.
5. Qoldiq qatorlarini grafiklarini tuzing. Xulosa chiqaring.
6. Gelfeld-Kvandt sinovidan foydalanib, ko'p omilli regressiya tenglamasining geteroskedastiklik darajasini sinab ko'ring.
7. Ko'p omilli regressiya tenglamasining statistik ahamiyatini baholang. Qaysi tenglamadan bashorat qilish uchun foydalanish yaxshiroqligini aniqlang:
 - x_1 ni y ga nisbatan juft regressiya tenglamasi;
 - x_2 ni y ga nisbatan juft regressiya tenglamasi;
 - ko'p omilli regressiya tenglamasi.

25-topshiriq.

Oʻrtacha kutilayotgan umr koʻrishning bir necha omillarga bogʻliqligi 2.24-jadvalda 1995 yil maʼlumotlariga muvofiq oʻrganilgan.

2.24-jadval

Mamlakat	y	x_1	x_2	x_3	x_4
Mozambik	47	3,0	2,6	2,4	113
Burundi	49	2,3	2,6	2,7	98
Chad	48	2,6	2,5	2,5	117
Nepal	5	4,3	2,5	2,4	91
Burkina-Faso	49	2,9	2,8	2,1	99
Madagaskar	52	2,4	3,1	3,1	89
Bangladesh	58	5,1	1,6	2,1	79
Gaiti	57	3,4	2,0	1,7	72
Mali	50	2,0	2,9	2,7	123
Nigeriya	53	4,5	2,9	2,8	80
Keniya	58	5,1	2,7	2,7	58
Togo	56	4,2	3,0	2,8	88
Hindiston	62	5,2	1,8	2,0	68
Benin	50	6,5	2,0	2,5	9546
Nikaragua	68	7,4	3,1	4,0	73
Gana	59	7,4	2,8	2,7	124
Angola	47	4,9	3,1	2,8	90
Pokiston	60	8,3	2,9	3,3	96
Mavritaniya	51	5,7	2,5	2,7	55
Zimbabve	57	7,5	2,4	2,2	45
Gonduras	67	7,0	3,0	3,8	34
Xitoy	69	10,8	1,1	1,1	36
Kamerun	57	7,8	2,9	3,1	56
Kongo	51	7,6	2,9	2,6	90
Shri-Lanka	72	12,1	1,3	2,0	16
Misr	63	14,2	2,0	2,7	56
Indoneziya	64	14,1	1,6	2,5	51
Filipin	66	10,6	2,2	2,7	39
Marokko	65	12,4	2,0	2,6	55
Papua-Yangi Gvineya	57	9,0	2,3	2,3	64
Gvatemala	66	12,4	2,9	3,5	44
Ekvador	69	15,6	2,2	3,2	36
Dominikan Respublikasi	71	14,3	1,9	2,6	37
Yamayka	74	13,1	1,0	1,8	132
Jazoir	70	19,6	2,2	4,1	34

El-Salvador Respublikasi	67	9,7	2,2	3,4	36
Paragvay	68	13,5	2,7	2,9	41
Tunis	69	18,5	1,9	3,0	39
Belorus	70	15,6	0,2	0,2	13
Peru	66	14,0	2,0	3,1	47
Tailand	69	28,0	0,9	1,3	35
Panama	73	22,2	1,7	2,4	23
Turkiya	67	20,7	1,7	2,1	48
Polsha	70	20,0	0,3	0,6	14
Slovakiya	72	13,4	01,3	0,7	11
Venesuela	71	29,3	2,3	3,0	23
JAR	64	18,6	2,2	2,4	50
Meksika	72	23,7	1,9	2,8	33
Mavritaniya	71	49,0	1,3	1,8	16
Braziliya	67	20,0	1,5	1,6	44
Trinidad va Tabago	72	31,9	0,8	1,8	13
Malayziya	71	33,4	2,4	2,7	12
Chili	72	35,3	1,5	2,1	12
Urugvay	73	24,6	0,6	1,0	18
Argentina	73	30,8	1,3	2,0	22
Gretsiya	78	43,4	0,0	0,9	8
Koreya Respublikasi	72	42,4	0,9	1,9	10
Ispaniya	77	53,8	0,2	1,0	7
Yangi Zelandiya	76	60,6	1,4	1,5	7
Irlandiya	77	58,1	0,5	1,7	6
Isroil	77	61,1	3,5	3,5	8
Avstraliya	77	70,2	1,1	1,4	6
Italiya	78	73,7	0,2	0,4	7
Kanada	78	78,3	1,3	1,0	6
Finlyandiya	76	65,8	0,5	0,1	5
Gonkong	79	85,1	1,6	1,3	5
Shvesiya	79	68,7	0,6	0,3	4
Niderlandiya	78	73,9	0,7	0,6	6
Belgiya	77	80,3	0,4	0,5	8
Fransiya	78	78,0	0,5	0,8	6
Singapur	76	84,4	2,0	1,7	4
Avstriya	77	78,8	0,8	0,5	6
AQSh	77	100,0	1,0	1,1	8

Daniya	75	78,7	0,3	0,1	6
Yaponiya	80	82,0	0,3	0,6	4
Shvesariya	78	95,9	1,0	0,8	6

Jadvalda ko'rsatilgan belgilar:

y - tug'ilganda kutilayotgan o'rtacha umr ko'rish, yil;

x_1 - xarid qobiliyati pariteti bo'yicha YaIM;

x_2 - o'tgan yilga nisbatan aholining o'sish sur'ati,%;

x_3 - o'tgan yilga nisbatan ishchi kuchining o'sish sur'ati,%;

x_4 - go'daklar o'limi darajasi,%.

Topish kerak.

1. Ta'rif statistikasini hisoblang. Xarakterlarni taqsimlash xususiyatini tekshiring. Agar kerak bo'lsa, ba'zi bir anomal kuzatuvlarni olib tashlang.
2. Juft korrelyasiya koeffitsiyentlari matrissasini tuzing. Qaysi omillar kolleniar ekanligini aniqlang.
3. Ko'p omilli regressiya tenglamasini tuzing. Omillarni tanlashni asoslash.
4. Qoldiq qatorlarini grafiklarini tuzing. Xulosa chiqaring.
5. Gelfeld-Kvandt sinovidan foydalanib, ko'p omilli regressiya tenglamasining geteroskedastiklik darajasini sinab ko'ring.
6. Ko'p omilli regressiya tenglamasining statistik ahamiyatini baholang. Ushbu tenglamada o'rtacha umr ko'rishni shakllantirishga qanday omillar ta'sir qiladi.
7. Statistik jihatdan muhim bo'lgan omillar bilan ko'p omilli regressiya tenglamasini tuzing.

3-bob. Ekonometrik tenglamalar tizimi

3.1. Uslubiy ko‘rsatmalar

3.1.1. Modelning tuzilishi va keltirilgan shakllari

Iqtisodiy jarayonlar va ko'rinishlar odatda, katta miqdordagi parametrlar va murakkab bog'liqliklar bilan ifodalanuvchi murakkab tizimni tasvirlaydi. Murakkab iqtisodiy tizimlarni tekshirishda, qoida bo'yicha bir nechta bog'liqliklarni, xususan bir-biriga ta'sir etishi mumkin bo'lgan bir nechta bog'liq o'zgaruvchilarni kiritish kerakligini hisobga olishga to'g'ri keladi. Bunday vaziyatlarda ekonometrik modellar ekonometrik tenglamalar tizimi ko'rinishida quriladi.

Ekonometrik tenglamalar tizimida qatnashuvchi o'zgaruvchilar endogen va ekzogen turlarga bo'linadi.

Endogen o'zgaruvchilar deb model (tizim) ichida aniqlanuvchi o'zaro bog'liq o'zgaruvchilarga aytiladi va y harfi bilan belgilanuvchi endogen o'zgaruvchilar soni tizimdagi tenglamalar soniga teng.

Ekzogen o'zgaruvchilar tizimdan tashqarida aniqlanib, erkli o'zgaruvchi hisoblanadi va x harfi bilan belgilanadi.

Oldindan aniqlangan o'zgaruvchilar deb, ekzogen va lag endogen o'zgaruvchilarga aytiladi. (tizim vaqt momenti bilan tavsiflanadi $y_{-1}; y_{-2} \dots$).

Umumiy holda n ta y_i bog'liq o'zgaruvchili ekonometrik tenglamalar tizimi (3.1) ko'rinishga ega.

$$\begin{aligned} y_1 &= b_{12}y_2 + b_{13}y_3 + \dots + b_{1n}y_n + a_{11}x_1 + \dots + a_{1m}x_m + \varepsilon_1; \\ y_2 &= b_{21}y_1 + b_{23}y_3 + \dots + b_{2n}y_n + a_{21}x_1 + \dots + a_{2m}x_m + \varepsilon_2; \\ &\vdots \\ y_p &= b_{p1}y_1 + b_{p2}y_2 + \dots + b_{pn}y_n + a_{p1}x_1 + \dots + a_{pm}x_m + \varepsilon_p. \end{aligned} \quad (3.1)$$

(3.1) tenglamalar tizimi o'zaro bog'liq bir vaqtli tizim deb, shuningdek, u modelning barcha o'zgaruvchilari o'rtasidagi o'zaro ta'sirni ko'rsatayotganligi sababli modelning tizimli shakli deb ham ataladi.

(3.1) tenglamalar tizimining xususiy hollari erkli tenglamalar tizimi bo'lib, bunda har bir bog'liq y_i o'zgaruvchi oldindan aniqlangan x_i o'zgaruvchilarning funksiyasi bo'ladi:

3.1.2. Keltirilgan model shakli parametrlarini baholash

Keltirilgan shakl parametrlari baholarini olish qiyinchilik tug'dirmaydi. Keyingi bosqichda modelning tizimli shakli parametrlari baholarini modelning keltirilgan shakli baholari bo'yicha topiladi. Bu yerda identifikasiya muammosi yuzaga keladiki, identifikasiyalangan tizimlarda modelning keltirilgan tizimli shakldagi parametrlar soni mos keladi va modelning tizimli koeffitsiyentlari modelning keltirilgan shakldagi parametrlar orqali bir qiymatli baholanadi.

Identifikasiyalanish holatiga ko'ra quyidagi uch xil tizimli modellarni ajratib ko'rsatish mumkin:

- modelning tizimli va qo'shma shakllarining parametrlari bir xil bo'lgan tizimning identifikasiyalanadigan tizimlari va modelning tizimli koeffitsiyentlari modeldagi qisqartirilgan shaklning parametrlari orqali aniq baholanadi;

- identifikasiyalanmaydigan tizimlarda tizimli parametrlar soni keltirilganlaridan ortiq bo'lib, tizimli koeffitsiyentlar modelning keltirilgan shakli koeffitsiyentlaridan hosil qilinmaydi;

- o'ta identifikasiyalanuvchi tizimlarda keltirilgan parametrlar soni tizimli parametrlar sonidan ortiq bo'ladi. Bu holda tizimli koeffitsiyentlar qiymatlarini keltirilgan koeffitsiyentlar qiymatlarini olishda bir qiymatli bo'lmagan aniqlash mumkin bo'ladi.

Bir vaqtli tenglamalar tizimi parametrlarini baholash uchun ko'pincha eng kichik kvadratlar usulining bilvosita va ikki qadamli usullaridan foydalaniladi. (BEKKU), (IEKKU).

Bilvosita EKKU identifikasiyalanuvchi tenglamalar tizimi holida ishlatiladi va tizimli shakldagi model tenglamalarini keltirilgan shakl tenglamalariga algebraik almashtirishlar yordamida olishdan iborat.

Ikki qadamli EKKU universal usul hisoblanadi. "Instrumental" o'zgaruvchilardan foydalanishga asoslangan bo'lib, u o'zgaruvchilar tizimli shakldagi model tenglamalarining o'ng tarafidagi endogen o'zgaruvchilarni o'rnini bosadi.

"Instrumental" o'zgaruvchi deb y boshlang'ich endogen o'zgaruvchilarga yaqin va model tenglamalari xatoliklari bilan korrelyasiyalanmaydi $\hat{y}_i$ o'zgaruvchilarga aytiladi. Bunday o'zgaruvchi sifatida keltirilgan shakldagi model (4.4) tenglamalar orqali aniqlanuvchi o'zgaruvchilardan foydalanish tavsiya qilinadi.

Ikki qadamli EKKU algoritmi:

2) Keltirilgan shaklning hosil qilingan tenglamalari y_i dastlabki o'zgaruvchilarga mos keluvchi $\hat{y}_i$ - instrumental o'zgaruvchilarni kiritish uchun ishlatiladi.

$$\begin{aligned}\hat{y}_1 &= \delta_{11}x_1 + \delta_{12}x_2 + \dots + \delta_{1m}x_m; \\ \hat{y}_2 &= \delta_{21}x_1 + \delta_{22}x_2 + \dots + \delta_{2m}x_m; \\ &\vdots \\ \hat{y}_n &= \delta_{n1}x_1 + \delta_{n2}x_2 + \dots + \delta_{nm}x_m.\end{aligned}$$

3) Odatdagi EKKU usuli yordamida har bir tizimli tenglamalar parametrlari alohida aniqlanadi.

3.2. Masalani yechish bo'yicha na'munalar

1-masala.

Topish kerak.

1. Quyidagi tizimli modelni identifikatsiyalanuvchanlikka tekshiring:
baholang:

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

2. Tenglama modelining keltirigan shaklidan kelib chiqib

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

modelning tarkibiy koeffitsiyentlarini toping.

Yechish.

1. Modelda uchta endogen (y_1, y_2, y_3) va uchta ekzogen (x_1, x_2, x_3) o'zgaruvchilar mavjud.

2. Tizimning har bir tenglamasini identifikatsiyaning zaruriy (Z) va yetarli (Ye) shartlari bilan tekshiring.

Birinchi tenglama.

Z: endogen o'zgaruvchilar - $2(y_1, y_3)$,

qatnashmayotgan ekzogen o'zgaruvchi - $1(x_2)$.

Zaruriy tenglik bajariladi: $2=1+1$, shuning uchun tenglama aniq identifikatsiyalanuvchi.

Ye: birinchi tenglamada y_2 va x_2 yo'q. Tizimning boshqa tenglamalarida ular oldidagi koeffitsiyentlardan matritsani quramiz:

tenglama	qatnashmayotgan o'zgaruvchilar	
	y_2	x_2
Ikkinchi	-1	a_{22}
Uchinchi	b_{32}	0

$$DetA = -1 \cdot 0 - b_{32} \cdot a_{22} \neq 0$$

Matritsani determinanti 0 ga teng emas, matritsaning rangi 2 ga teng; shuning uchun yetarli shart bajarilyapti, demak identifikatsiyalanuvchi.

Ikkinchi tenglama.

Z: endogen o'zgaruvchilar - $3(y_1, y_2, y_3)$,

qatnashmayotgan ekzogen o'zgaruvchi - $2(x_1, x_3)$.

Zaruriy tenglik bajariladi: $3=2+1$, shuning uchun tenglama aniq identifikatsiyalanuvchi.

Ye: ikkinchi tenglamada x_1 va x_3 yo'q. Tizimning boshqa tenglamalaridagi ularning koeffitsiyentlaridan matritsa quramiz:

tenglama	qatnashmayotgan o'zgaruvchilar	
	x_1	x_3
birinchi	a_{11}	a_{13}
uchunchi	a_{31}	a_{33}

$$DetA = a_{11} \cdot a_{33} - a_{31} \cdot a_{13} \neq 0.$$

Matritsaning determinant 0 ga teng emas, matritsaning rangi 2ga teng, shuning uchun yetarli identifikatsiya holati bajariladi va ikkinchi tenglama aniq identifikatsiyalanuvchi bo'lad.

Uchinchi tenglama.

Z: endogen o'zgaruvchilar - $2(y_2, y_3)$,

qatnashmayotgan ekzogen o'zgaruvchi - $1(x_2)$.

Zaruriy tenglik bajariladi: $2=1+1$, shuning uchun tenglama aniq identifikatsiyalanuvchi bo‘ladi.

Ye: uchinchi tenglamada y_1 va x_2 yo‘q. Bu o‘zgaruvchilar oldidagi tizimning boshqa tenglamalaridagi koeffitsiyentlaridan matritsa quramiz:

tenglama	qatnashmayotgan o‘zgaruvchilar	
	y_1	x_2
birinchi	-1	0
uchunchi	b_{21}	a_{22}

$$\text{Det}A = -1 \cdot a_{22} - b_{21} \cdot 0 \neq 0.$$

Matritsani determinanti 0 ga teng emas, matritsa rangi 2 ga teng, shuning uchun yetarli identifikatsiya holati bajariladi va uchinchi tenglama aniq identifikatsiyalanuvchi.

Natijada, o‘rganilayotgan tizim aniq identifikatsiyalangan va bilvosita eng kichik kvadratlar usuli bilan hal qilinishi mumkin.

2.Modelning tarkibiy koeffitsiyentlarini hisoblang:

1) keltirilgan shaklning uchinchi tenglamasidan biz x_2 ni ifodalaymiz (chunki u strukturaviy shaklning birinchi tenglamasida mavjud emas):

$$x_2 = \frac{y_3 + 5 \cdot x_1 - 5 \cdot x_3}{8}.$$

Ushbu ifoda y_3 , x_1 va x_3 o‘zgaruvchilarini o‘z ichiga olib, bu tizimli model shakli (TMSH) ning birinchi tenglamasi uchun zarur. Olingan x_2 ifodasini keltirilgan model shakli (KMSH) ning birinchi tenglamasiga olib borib qo‘yamiz):

$$y_1 = 2 \cdot x_1 + 4 \cdot \frac{y_3 + 5 \cdot x_1 - 5 \cdot x_3}{8} + 10 \cdot x_3 \Rightarrow y_1 = 0,5 \cdot y_3 + 4,5 \cdot x_1 + 7,5 \cdot x_3 - \text{TMSH}$$

ning birinchi tenglamasi;

2) TMSH ning ikkinchi tenglamasida x_1 va x_3 o‘zgaruvchilari yo‘q. TMSH ikkinchi tenglamasining strukturaviy parametrlari ikki bosqichda aniqlanishi mumkin:

Birinchi bosqich: bu holda x_1 ni KMSH ning birinchi yoki uchinchi tenglamasidan ifoda etamiz. Misol uchun, birinchi tenglamasidan:

$$x_1 = \frac{y_1 - 4 \cdot x_2 - 10 \cdot x_3}{2} = 0,5 \cdot y_1 - 2 \cdot x_2 - 5 \cdot x_3.$$

Ushbu ifodani KMSH ning ikkinchi tenglamasiga olib borib qo‘yish muammoni oxirigacha hal qilmaydi, chunki ifodada TMSH da

mavjud bo‘lgan x_3 mavjud. x_3 ni KMSh ning uchinchi tenglamasi orqali ifodalab olamiz:

$$x_3 = \frac{y_3 - 5 \cdot x_1 - 8 \cdot x_2}{5}.$$

Uni x_1 ning ifodasiga olib borib qo‘yamiz:

$$x_1 = 0,5 \cdot y_1 - 2 \cdot x_2 - 5 \cdot \frac{y_3 + 5 \cdot x_1 - 8 \cdot x_2}{5} = 0,5 \cdot y_1 - y_3 + 6x_2 - 5x_1;$$

$$x_1 = \frac{0,5 \cdot y_1 - y_3 + 6 \cdot x_2}{6}$$

$$x_1 = \frac{0,5y_1 - y_3 + 6x_2}{6}.$$

Ikkinchi bosqich: xuddi shunday, x_3 ni qidilayotgan y_1 , y_3 va x_2 orqali ifodalash uchun x_3 ni KMSh ning birinchi tenglamasidan olingan x_1 ning ifodasi bilan almashtirib olamiz:

$$x_3 = \frac{y_3 + 5(0,5y_1 - 2x_2 - 5x_3) - 8x_2}{5} = 0,2y_3 + 0,5y_1 - 3,6x_2 - 5x_3.$$

Shuning uchun,

$$x_3 = 0,033 \cdot y_3 + 0,083 \cdot y_1 - 0,6 \cdot x_2.$$

Olingan x_1 va x_3 ni KMSh ning ikkinchi tenglamasiga olib borib qo‘yamiz:

$$y_2 = 3 \cdot \frac{0,5y_1 - y_3 + 6x_2}{6} - 6x_2 + 2 \cdot (0,033y_3 + 0,083y_1 - 0,6x_2) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow y_2 = 0,416y_1 - 0,434y_3 - 4,2x_2 - \text{KMSh ning ikkinchi tenglamasi.}$$

Ushbu tenglama KMSh dan boshqa yo‘l bilan olish ham mumkin.

Barcha tenglamalarni umumlashtirib, quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$y_1 = 2x_1 + 4x_2 + 10x_3,$$

$$y_2 = 3x_1 - 6x_2 + 2x_3,$$

$$y_3 = -5x_1 + 8x_2 + 5x_3,$$

$$\overline{y_1 + y_2 + y_3 = 6x_2 + 17x_3}$$

So‘ngra, KMSh ning birinchi va ikkinchi tenglamalaridan x_1 ni, birinchi tenglamani 3 ga, ikkinchisini esa (-2) ga ko‘paytirib va ularni qo‘shish orqali chiqarib yuboramiz:

$$3y_1 = 6x_1 + 12x_2 + 30x_3,$$

$$-2y_2 = -6x_1 + 12x_2 - 4x_3,$$

$$\overline{3y_1 - 2y_2 = 24x_2 + 26x_3}$$

Keyin olingan tenglamalardan shunga o‘xshash tarzda x_3 ni chiqarib yuboramiz, ya’ni:

$$\begin{cases} y_1 + y_2 + y_3 = 6x_2 + 17x_3 \\ 3y_1 - 2y_2 = 24x_2 + 26x_3 \end{cases} \begin{matrix} -26, \\ 17, \end{matrix}$$

$$-26y_1 - 26y_2 - 26y_3 = -156x_2 - 442x_3,$$

$$51y_1 - 34y_2 = 408x_2 + 442x_3,$$

$$\hline 25y_1 - 60y_2 - 26y_3 = 252x_2$$

$$60y_2 = 25y_1 - 26y_3 - 252x_2 \Rightarrow y_2 = 0,416y_1 - 0,433y_3 - 4,2x_2;$$

3) TMSh ning uchinchi tenglamasida mavjud bo'lmaganligidan KMSH ning ikkinchi tenglamasidan x_2 ni ifodalab olamiz:

$$x_2 = \frac{-y_2 + 3x_1 + 2x_3}{6} = -0,167y_2 + 0,5x_1 + 0,333x_3.$$

Olingan ifodani KMSH ning uchinchi tenglamalasiga olib borib qo'yamiz:

$$y_3 = -5x_1 + 8 \cdot (-0,167y_2 + 0,5x_1 + 0,333x_3) + 5 \cdot x_3 \Rightarrow y_3 = -1,336y_2 - x_1 + 7,664x_3 -$$

TMSh ning uchinchi tenglamasi.

Shunday qilib, TMSh quyidagi ko'rinishni oladi:

$$\begin{cases} y_1 = 0,5y_3 + 4,5x_1 + 7,5x_3, \\ y_2 = 0,416y_1 - 0,434y_3 - 4,2x_2, \\ y_3 = -1,336y_2 - x_1 + 7,664x_3. \end{cases}$$

2-masala.

Quyidagi ko'rinishdagi model o'rganilmoqda:

$$\begin{cases} y = a_1 + b_1(C + D) + \varepsilon_1, \\ C = a_2 + b_2y + b_3y_{-1} + \varepsilon_1, \end{cases}$$

Bu yerda,

y - yalpi milliy daromad;

y_{-1} - o'tgan yilgi yalpi milliy daromad;

C - shaxsiy iste'mol;

D - yakuniy talab (shaxsiy iste'moldan tashqari);

ε_1 va ε_2 - tasodifiy komponentlar.

To'qqiz yil davomidagi barcha ko'rsatkichlarning o'sishi haqida ma'lumot 3.1-jadvalda keltirilgan.

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

Ushbu model uchun quyidagi keltirilgan tenglamalar tizimi olingan:

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

Topish kerak.

1. Modelni identifikatsiyalash.
2. Tizimli modelning birinchi tenglamasi parametrlarini hisoblang.

Yechilishi.

1. Ushbu modelda ikkita endogen o'zgaruvchilar (y va C) va ikkita ekzogen o'zgaruvchilar (D va y_{-1}) mavjud. Ikkinchi tenglama aniq identifikatsiyalangan, chunki u ikkita endogen o'zgaruvchini o'z ichiga oladi va tizimdan bitta ekzogen o'zgaruvchini o'z ichiga olmaydi. Boshqacha qilib aytganda, ikkinchi tenglama uchun identifikatsiyani hisobga olish qoidasi bo'yicha tenglikka egamiz: $2=1+1$.

Yuqoridagi birinchi tenglama identifikatsiyalangan, chunki unda C va D parametrlar bo'yicha cheklovlar bor: ular teng bo'lishi kerak. Ushbu tenglamada bitta endogen y o'zgaruvchi bor. C o'zgaruvchisi endogen sifatida qaralmaydi, chunki u tenglamada mustaqil ravishda emas, balki D o'zgaruvchisi bilan birgalikda ushbu qatnashadi. Ushbu tenglamada sistemada mavjud bo'lgan bitta ekzogen o'zgaruvchi qatnashmaydi. Identifikatsiyani hisobga olish qoidasiga muvofiq: $1+1=2$: $D+1 > H$. Bu tenglamadagi endogen o'zgaruvchilar sonidan

kattaroqdir, shuning uchun yuqoridagi tizim o'ta identifikatsiyalangan.

2. Belgilangan modeldagi parametrlarni o'ta identifikatsiyalash uchun eng kichik kvadratlarning ikki bosqichli usuli qo'llaniladi.

1-bosqich. Yuqoridagi keltirilgan tenglamalar tizimi asosida aniq identifikatsiyalangan ikkinchi tenglama bo'yicha C endogen o'zgaruvchining nazariy qiymatlarini aniqlaymiz.. Buning uchun keltirilgan tenglamadagi

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

ga D va y_{-1} qiymatlarini qo'yamiz. Quyidagiga ega bo'lamiz:

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

$$\hat{C}_8 = 33,2; \hat{C}_9 = 29,0.$$

2-bosqich. Model tizimli shaklining o'ta identifikatsiya qilingan tenglamasi bo'yicha C ning hisoblangan qiymatlarini nazariy qiymatlari - $\hat{C}$ bilan almashtiramiz va $\hat{C} + D$ yangi o'zgaruvchini hisoblaymiz (3.2-jadval).

3.2-jadval

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

So'ngra o'ta identifikatsiyalangan tenglamaga eng kichik kvadratlar usuli qo'llaniladi. Z orqali yangi $\hat{C} + D$ o'zgaruvchini belgilaymiz. $y = a_1 + b_1 \cdot Z$ tenglamani yechamiz

Oddiy tenglamalar tizimi quyidagicha tashkil topgan:

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

$$\begin{cases} 248,4 = 9 \cdot a_1 + 350,4 \cdot b_1 \\ 13508,71 = 350,4 \cdot a_1 + 21142,02 \cdot b_1 \end{cases}$$

$$a_1 = 7,678; \quad b_1 = 0,512$$

Shunday qilib, tizimli modelning birinchi tenglamasi quyidagicha bo'lsin:

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

3-misol.

1990-1994 yillar bo'yicha ma'lumotlar berilgan:

3.3 jadval

yillar	Aholi jon boshiga yillik cho'chqa go'shti iste'moli, funtlarda, y_1	Bir funt uchun ulgurji narx, doll., y_2	Aholi jon boshiga daromad, doll., x_1	Go'shtni qayta ishlash xarajatlari, narxga nisbatan % larda, x_2
1990	60	5,0	1300	60
1991	62	4,0	1300	56
1992	65	4,2	1500	56
1993	62	5,0	1600	63
1994	66	3,8	1800	50

Topish kerak.

Tegishli tarkibiy koeffitsiyentlarni hisoblash natijasida

$$\begin{cases} y_1 = f(y_2, x_1) \\ y_{12} = f(y_1, x_2) \end{cases}$$

ko'rinishdagi modelni tuzish kerak.

Yechilishi.

Ikkita endogen va ikkita ekzogen o'zgaruvchili bir vaqtli tenglamalar tizimi quyidagi shaklga ega:

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

Har bir tenglamada tizimda mavjud bo'lgan ikkita endogen va bitta qatnashmaydigan ekzogen o'zgaruvchi mavjud. Ushbu tizimning har bir tenglamasi uchun $2 = 1 + 1$ juftlik qoidasi amal qiladi.

Bu shuni anglatadiki, har bir tenglama va tizim to'laligicha identifikatsiyalanadi.

Bunday tizimning parametrlarini aniqlash uchun eng kichik kvadratlarning bilvosita usuli qo'llaniladi.

Shu maqsadda modelning strukturaviy shakli keltirilgan shaklga aylanadi:

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

Bunda x oldidagi koeffitsiyentlar eng kichik kvadratlar usuli bilan aniqlanadi.

δ_{11} va δ_{12} qiymatlarini topish uchun oddiy tenglamalar tizimini yozib

olamiz:
$$\begin{cases} \sum y_1 x_1 = \delta_{11} \cdot \sum x_1^2 + \delta_{12} \cdot \sum x_1 x_2 \\ \sum y_1 x_2 = \delta_{11} \cdot \sum x_1 x_2 + \delta_{12} \cdot \sum x_2^2. \end{cases}$$

Uni yechish jarayonida x va y lar o'rtacha darajadan chetlanishlar orqali ifodalangan deb faraz qilinadi, ya'ni olingan ma'lumotlarining matritsasi quyidagicha bo'ladi:

	Y1	Y2	X1	X2
	-3	0,6	-200	3
	-1	-0,4	-200	-1
	2	-0,2	0	-1
	-1	0,6	100	6
	3	-0,6	300	-7
Σ	0	0,0	0	0

Unga nisbatan zaruriy yig'indilar quyidagilar bo'lishi mumkin:

$$\sum y_1 x_1 = 1600; \sum y_1 x_2 = -37; \sum x_1^2 = 180000;$$

$$\sum x_1 x_2 = -1900; \sum x_2^2 = 96.$$

Oddiy tenglamalar tizimi quyidagicha tashkil topgan:

$$\begin{cases} 1600 = 180000 \cdot \delta_{11} - 1900 \cdot \delta_{12}, \\ -37 = -1900 \cdot \delta_{11} + 96 \cdot \delta_{12}. \end{cases}$$

Uni yechib, biz quyidagilarni olamiz:

$$\delta_{11} = 0,00609; \quad \delta_{12} = -0,26481.$$

Shunday qilib,

$$y_{11} = 0,00609 \cdot x_1 - 0,26481 \cdot x_2.$$

ga egamiz.

δ_{11} va δ_{12} koeffitsiyentlarini aniqlash uchun shunga o'xshash tarzda oddiy tenglamalar tizimini quramiz:

$$\begin{cases} \sum y_2 x_1 = \delta_{21} \cdot \sum x_1^2 + \delta_{22} \cdot \sum x_1 x_2, \\ \sum y_2 x_2 = \delta_{21} \cdot \sum x_1 x_2 + \delta_{22} \cdot \sum x_2^2; \\ \sum y_2 x_1 = -160; \sum y_2 x_2 = 10,2. \end{cases}$$

$$\begin{cases} -160 = 180000 \cdot \delta_{21} - 1900 \cdot \delta_{22} \\ 10,2 = -1900 \cdot \delta_{21} + 96 \cdot \delta_{22}, \end{cases}$$

$$\delta_{21} = 0,00029; \quad \delta_{22} = -0,11207,$$

U holda ikkinchi tenglama quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$y_{21} = 0,00029 \cdot x_1 + 0,11207 \cdot x_2.$$

Modelning keltirilgan shakli quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$\begin{cases} y_1 = 0,00609 \cdot x_1 - 0,26481 \cdot x_2, \\ y_2 = 0,00029 \cdot x_1 + 0,11207 \cdot x_2. \end{cases}$$

Modelning keltirilgan shaklidan biz tarkibiy modelning koeffitsiyentlarini aniqlaymiz:

$$\begin{cases} y_1 = 0,00609 \cdot x_1 - 0,26481 \cdot x_2, \\ x_2 = \frac{y_2 - 0,00029 \cdot x_1}{0,11207}. \end{cases}$$

$$y_1 = 0,00609 \cdot x_1 - 0,26481 \cdot \frac{y_2 - 0,00029 \cdot x_1}{0,11207} = -2,36290 \cdot y_2 + 0,00678 \cdot x_1$$

$$\begin{cases} y_2 = 0,00029 \cdot x_1 + 0,11207 \cdot x_2 \\ x_1 = \frac{y_1 + 0,26481 \cdot x_2}{0,00609}. \end{cases}$$

$$y_2 = 0,00029 \cdot \frac{y_1 + 0,26481 \cdot x_2}{0,00609} + 0,11207 \cdot x_2 = 0,04762 \cdot y_1 + 0,12468 \cdot x_2.$$

Shunday qilib, modelning strukturaviy shakli quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$\begin{cases} y_1 = -2,36290 \cdot y_2 + 0,00678 \cdot x_1 + \varepsilon_1, \\ y_2 = 0,04762 \cdot y_1 + 0,12468 \cdot x_2 + \varepsilon_2. \end{cases}$$

4-masala.

Quyidagi modelni ko‘rib chiqamiz:

$$C_t = a_1 + b_{11} \cdot Y_t + b_{12} \cdot C_{t-1} + U_1$$

$$I_t = a_2 + b_{21} \cdot r_t + b_{22} \cdot I_{t-1} + U_2$$

$$r_t = a_3 + b_{31} \cdot Y_t + b_{32} \cdot M_t + U_3$$

$$Y_t = C_t + I_t + G_t$$

Bu yerda, C_t - t davridagi iste'mol xarajatlari; Y_t - t davridagi jami daromad;

I_t - t davridagi investitsiyalar;

r_t - t davrida foiz stavkasi;

M_t - t davrida pul ta'minoti;

G_t - t davrida davlat xarajatlari;

C_{t-1} - $t-1$ davrida iste'mol xarajatlari;

I_{t-1} - $t-1$ davrida investitsiyalar;

U_1, U_2, U_3 - tasodifiy xatolar

Topish kerak.

1. Modelning barcha o'zgaruvchilari bo'yicha berilganlarning vaqtli qatorlari mavjud degan farazda, uning parametrlarini baholash usulini taklif eting
2. Agar modeldan daromad ayniyatini chiqarib tashlansa 1-sonli savolga javobingiz qanday o'zgaradi,?

Yechilishi.

1. Model bir vaqtli tenglamalar tizimidan iborat. Model parametrlarini baholash usuli haqidagi savolga javob berish uchun biz uning har bir tenglamasini identifikatsiyalanuvchanlikka tekshiramiz.

Model to'rt endogen o'zgaruvchilar (C_t , I_t , Y_t va r_t) va to'rt oldindan aniqlangan o'zgaruvchilarni (M_t va G_t - ikki ekzogen o'zgaruvchilar va C_{t-1} va I_{t-1} - ikki lag endogen o'zgaruvchilar) o'z ichiga oladi.

Model tenglamalari uchun identifikatsiyalanishning zaruriy shartini tekshirib chiqaylik.

I tenglama.

Ushbu tenglama ikkita endogen o'zgaruvchini (C_t , Y_t) va bitta aniqlanmagan o'zgaruvchini (C_{t-1}) o'z ichiga oladi. Shuning uchun, bu tenglamaga kiritilmagan oldindan aniqlangan o'zgaruvchilar soni bittaga ko'p bo'lib, bu tenglamaga kiritilgan endogen o'zgaruvchilar sonidan ko'p: $3+1>2$. Tenglama o'ta identifikatsiyalanuvchi.

II tenglama.

II tenglama ikkita endogen o'zgaruvchini (I_t va r_t) o'z ichiga oladi va uchta oldindan aniqlangan o'zgaruvchini o'z ichiga olmaydi. I tenglama kabi u ham o'ta identifikatsiyalanuvchi.

III tenglama.

III tenglama ham ikkita endogen o'zgaruvchini (Y_t va r_t) o'z ichiga oladi va uchta oldindan belgilangan o'zgaruvchini o'z ichiga olmaydi. Ushbu tenglama ham o'ta identifikatsiyalanuvchi.

IV tenglama.

IV tenglama parametrlari ma'lum bo'lgan ayniyatni ifodalaydi. Uni identifikatsiyalashga hojat yo'q.

Keling, har bir tenglama uchun identifikatsiyalash uchun yetarli shartni tekshirib ko'raylik. Buning uchun model o'zgaruvchilari oldidagi koeffitsiyentlardan quyidagi matritsani tuzib olamiz:

	C_t	Y_t	C_{t-1}	I_t	r_t	I_{t-1}	M_t	G_t
I tenglama	-1	b_{11}	b_{12}	0	0	0	0	0
II tenglama	0	0	0	-1	b_{21}	b_{22}	0	0
III tenglama	0	b_{31}	0	0	-1	0	b_{32}	0
Ayniyat	1	-1	0	1	0	0	0	1

Identifikatsiyalanishning yetarli shartiga ko'ra, tekshilayotgan tenglamada qatnashmaydigan o'zgaruvchilar oldidagi koeffitsiyentlar matritsasining determinanti nolga teng bo'lmasligi kerak va matritsa rangi esa endogen o'zgaruvchilar sonidan bittaga kam bo'lishi kerak, ya'ni: $4-1=3$.

I tenglama.

Tenglamaga kiritilmagan o'zgaruvchilar oldidagi koeffitsiyentlar matritsasi quyidagi shaklga ega:

$$A = \begin{pmatrix} -1 & b_{21} & b_{22} & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & b_{32} & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Uning ranggi 3 ga teng, chunki bu matritsadan tuzilgan 3×3 qism kvadrat matritsaning determinanti nolga teng emas:

$$\Delta A^* = \begin{vmatrix} -1 & b_{21} & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \end{vmatrix} \neq 0.$$

I tenglama uchun identifikatsiyalanishning yetarli sharti bajarildi.

II tenglama.

Tenglamada qatnashmaydigan o'zgaruvchilar oldidagi koeffitsiyentlardab tashkil topgan matritsani yozib olamiz:

$$A = \begin{pmatrix} -1 & b_{11} & b_{12} & 0 & 0 \\ 0 & b_{31} & 0 & b_{32} & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Uning raggi uchga teng, chunki bu matritsadan tuzilgan 3×3 qism kvadrat matritsaning determinanti nolga teng emas:

$$\Delta A^* = \begin{vmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & b_{32} & 0 \\ 1 & 0 & 1 \end{vmatrix} \neq 0.$$

II tenglama uchun identifikatsiyalanishning yetarli sharti bajarildi.

III tenglama.

Tenglamada qatnashmaydigan o'zgaruvchilar oldidagi koeffitsiyentlardab tashkil topgan matritsani yozib olamiz:

$$A = \begin{pmatrix} -1 & b_{12} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & b_{22} & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Uning raggi uchga teng, chunki bu matritsadan tuzilgan 3×3 qism kvadrat matritsaning determinanti nolga teng emas:

$$\Delta A^* = \begin{vmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix} \neq 0.$$

III tenglama uchun identifikatsiyalanishning yetarli sharti bajarildi.

Shunday qilib, modelning barcha tenglamalari o'ta identifikatsiyalanuvchi. Tenglamalarning har birining parametrlarini baholash uchun biz ikki bosqichli EKK usulidan foydalanamiz.

1-qadam. Keltirilgan model shaklini umumiy ko'rinishda yozamiz:

$$C_t = A_1 + A_2 \cdot C_{t-1} + A_3 \cdot M_t + A_5 \cdot G_t + V_1;$$

$$I_t = B_1 + B_2 \cdot C_{t-1} + B_3 \cdot I_{t-1} + B_4 \cdot M_t + B_5 G_t + V_2;$$

$$Y_t = D_1 + D_2 \cdot C_{t-1} + D_3 \cdot I_{t-1} + D_4 \cdot M_t + D_5 G_t + V_3;$$

$$r_t = E_1 + E_2 \cdot C_{t-1} + E_3 \cdot I_{t-1} + E_4 \cdot M_t + E_5 G_t + V_4;$$

Bu yerda V_1, V_2, V_3, V_4 - tasodifiy xatoliklar.

Keltirilgan tenglamalarning har birining parametrlarini alohida oddiy EKK usulidan foydalanib aniqlaymiz. So'ngra, tizimli modelning o'ng tomonida foydalaniladigan endogen o'zgaruvchilarning hisoblangan Y_t va r_t qiymatlarini bu shaklning har bir tenglamasiga oldindan belgilangan o'zgaruvchilarning tegishli qiymatini olib kelib qo'yish orqali topamiz.

2-bosqich. Dastlabki tizimli tenglamalarda omil belgilari sifatida qatnashuvchi endogen o'zgaruvchilarni ularning hisoblangan qiymatlari bilan almashtiramiz:

$$C_t = a_1 + b_{11} \cdot \hat{Y}_t + b_{12} \cdot C_{t-1} + U_1^*, \text{ bu yerda } U_1^* = U_1 + b_{11} \cdot V_1;$$

$$I_t = a_2 + b_{21} \cdot \hat{r}_t + b_{22} \cdot I_{t-1} + U_2^*, \text{ bu yerda } U_2^* = U_2 + b_{21} \cdot V_2;$$

$$r_t = a_3 + b_{31} Y_t + b_{32} \cdot M_t + U_3^*, \text{ bu yerda } U_3^* = U_3 + b_{31} \cdot V_3;$$

Olingan tenglamalarning har biriga alohida oddiy EKK usulini qo'llab, $a_1, b_{11}, b_{12}, a_2, b_{21}, a_3, b_{31}$ va b_{32} tizimli parametrlarni aniqlaymiz.

2. Agar modeldan daromad ayniyatini chiqarib yuborilsa, modelning oldindan belgilangan o'zgaruvchilari soni bittaga kamayadi (modeldan

G_t o'zgaruvchi chiqarib tashlanadi). Modelning endogen o'zgaruvchilari soni ham bttaga kamayadi Y_t -o'zgaruvchi ekzogen bo'ladi. Iste'mol funksiyasi va pul bozorining funksiyasi ning o'ng tomonida faqat oldindan belgilangan o'zgaruvchilar bo'ladi. Investitsiya funksiyasi I_t endogen o'zgaruvchining r_t endogen o'zgaruvchiga (faqat oldindan belgilangan o'zgaruvchilarga bog'liq) va oldindan belgilangan I_{t-1} o'zgaruvchiga bog'liqligini tasdiqlaydi. Shunday qilib, biz rekursiv tizimnga ega bo'lamiz. Uning parametrlari oddiy EKK usuli tomonidan baholanishi mumkin va tenglama tizimini identifikatsiyalanuvchanlikka tekshirishga hojat qolmaydi.

3.3. Masalani axborot texnologiyalarini ko'llab yechish

Masalani MS Excel dasturida yechish bo'yicha ko'rsatma

Boshlang'ich ma'lumotlar:

-ahamiyatlilik darajasi $\alpha = 0,05$;

-tenglamalar tizimi Keynsning modifikasiyalangan modelini ifodalaydi.

$$\begin{aligned} C_t &= a_1 + b_{11}Y_t + \varepsilon_1; \\ I_t &= a_2 + b_{21}Y_t + b_{22}Y_{t-1} + \varepsilon_2; \\ Y_t &= C_t + I_t + G_t, \end{aligned} \quad (3.7)$$

Bu yerda: Y – yalpi milliy daromad, C – shaxsiy iste'mol, I – investitsiyalar, G – hukumat harajatlari, t va $t-1$ – avvalgi va keyingi davrlar, ε_1 va ε_2 - tasodifiy xatoliklar.

Keynsning makroiqtisodiy modeli uchun kuzatish ma'lumotlari

Kuzatish yillari	C_t	I_t	Y_t	Y_{t-1}	G_t	$\bar{Y}_t$
1	1016,6	367,0	1412,7	-	486,1	-
2	1435,9	376,0	1978,9	1412,7	652,7	2333,2
3	1776,1	408,8	2292,0	1978,9	839,0	2976,6
4	2003,8	407,1	2514,4	2292,0	842,1	3202,0
5	3265,7	670,4	4632,0	2514,4	1258,0	3902,0
6	4476,9	1165,2	7116,6	4632,0	1960,1	6315,4
7	5886,9	1504,7	8819,9	7116,6	2419,4	8671,4
8	7443,2	1762,4	10627,5	8819,9	3422,3	11184,4
9	9024,8	2186,4	12886,1	10627,5	3964,9	13170,5
10	11401,4	2865,0	16679,9	12886,1	4669,7	15687,1
11	14363,5	3611,1	21079,5	16679,9	6820,6	21176,2
12	17742,6	4580,5	26009,7	21079,5	8375,2	26315,5

3) Endogen va oldindan aniqlangan o'zgaruvchilarni ajratish.

Endogen o'zgaruvchilar: Y_t , C_t , I_t oldindan aniqlangan o'zgaruvchilar Y_{t-1} va G_t .

2) Modelning keltirilgan shakli quyidagi ko'rinishga ega.

$$\begin{aligned}C_t &= \lambda_1 + \delta_{11}Y_{t-1} + \delta_{12}G_t; \\I_t &= \lambda_2 + \delta_{21}Y_{t-1} + \delta_{22}G_t; \\Y_t &= \lambda_3 + \delta_{31}Y_{t-1} + \delta_{32}G_t.\end{aligned}\quad (3.8)$$

3) Modelning keltirilgan shakli koeffitsiyentlarini aniqlash.

(3.8) tizimning 1-tenglamasi parametrlarini aniqlash uchun MS Excel jadval muharririning «Данные, Анализ данных, Регрессия» funksiyasidan foydalanamiz.

Регрессия

Входные данные

Входной интервал Y:

Входной интервал X:

☐ Метки

☐ Константа - ноль

☐ Уровень надежности: %

Параметры вывода

☒ Выходной интервал:

☐ Новый рабочий лист:

☐ Новая рабочая книга

Остатки

☐ Остатки

☐ Стандартизованные остатки

☐ График остатков

☐ График подбора

Нормальная вероятность

☐ График нормальной вероятности

OK Отмена Справка

Berilganlarni mos diapozonlarini regressiya parametrlarini aniqlash oynasiga kiritib, quyidagi natijalarni olamiz:

Regression tahlil natijalari

Ko'rsatkichlar	Regressiya tenglamasi koeffitsiyentlari	Koeffitsiyentlarni aniqlashning standart xatoliklari	t-statistika	α xatolik ehtimoli	Quyi 95%-chegara	Yuqori 95%-chegara
Y	424,39	161,741	2,624	0,028	58,513	790,28
Y_{t-1}	0,508	0,160	3,171	0,011	0,146	0,871
G_t	0,812	0,416	1,948	0,083	-0,131	1,754

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, regressiya tenglamasi:

$$C_t = 424,39 + 0,5087Y_{t-1} + 0,812G_t. \quad (3.9)$$

(3.8) tizimning qolgan ikki koeffitsiyentlari qiymatini shu yo'l orqali aniqlaymiz:

$$I_t = 43,63 + 0,116Y_{t-1} + 0,248G_t. \quad (3.10)$$

$$Y_t = 482,66 + 0,707Y_{t-1} + 1,305G_t. \quad (3.11)$$

4) Instrumental o'zgaruvchilar qiymatini hisoblash.

Tenglamalar tizimining o'ng o'zgaruvchilar qismiga Y_t o'zgaruvchilar bo'lganidan (3.11) tenglama bo'yicha $\hat{Y}_t$ instrumental o'zgaruvchining qiymatini hisoblash yetarli bo'ladi t ni hisoblash natijalari 3.4-jadvalning oxirgi ustunida ko'rsatilgan.

5) Modelning tizimli shakli koeffitsiyentlarini aniqlash.

(3.7) tizimning 1-tenglamasi parametrlarini aniqlash uchun MS Excel jadval muharririning «Данные, Анализ данных, Регрессия» funksiyasidan foydalanamiz.

Berilganlarning mos diapozonlarga kiritib (3.7) tizim 1-tenglamasida Y_t o'zgaruvchini $\hat{Y}_t$ o'zgaruvchiga almashtirib regressiya parametrlarini hosil qilamiz,

$$C_t = a_1 + b_{11}\hat{Y}_t + \varepsilon_1$$

va quyidagi natijalarni olamiz:

ko'plikdagi korrelyasiya koeffitsiyenti $R = 0,9972$,

determinatsiya koeffitsiyenti $R^2 = 0,9945$,

$$F_{his} = 1818$$

Regressiya tenglamasini ahamiyatlilik darajasi $\alpha = 1,21 \cdot 10^{-12}$.

3.5-jadval

Regression tahlil natijalari

Ko'rsatkichlar	Regressiya tenglamasi koeffitsiyenti	Koeffitsiyent-larni aniqlashning standart xatoliklari	t-statistika	α xatolik ehtimoli	Quyi 95%-chegara	Yuqori 95%-chegara
Y	249,66	194,173	1,286	0,228	-	682,305
$\hat{Y}_t$	0,668	0,016	42,640	0,000	0,634	0,704

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, regressiya tenglamasi quyidagicha bo'ladi:

$$C_t = 249,66 + 0,668Y_t. \quad (3.13)$$

(3.7) tizimning 2-tenglamasi uchun regressiya tenglamasini ko'rinishi bo'lib

$$I_t = a_2 + b_{21}\hat{Y}_t + b_{22}Y_{t-1} + \varepsilon_2 \quad (3.14)$$

ko'plikdagi korrelyatsiya koeffitsiyenti $R = 0,9967$,

determinatsiya koeffitsiyenti $R^2 = 0,9934$,

$$F_{his} = 684,1,$$

regressiya tenglamasining ahamiyatlilik darajasi $\alpha = 1,47 \cdot 10^{-10}$.

3.6-jadval

Regression tahlil natijalari

Ko'rsatkichlar	Regressiya tenglamasi koeffitsiyenti	Koeffitsiyent-larni aniqlashning standart xatoliklari	t-statistika	α xatolik ehtimoli	Quyi 95%-chegara	Yuqori 95%-chegara
Y	66,217	73,991	0,895	0,394	101,162	233,597
$\hat{Y}_t$	0,008	0,121	0,066	0,949	0,266	0,282
Y_{t-1}	0,201	0,148	1,356	0,208	0,134	0,536

3.6-jadvaldan ko'rinib turibdiki, regressiya tenglamasi ko'rinishda bo'ladi:

$$I_t = 66,217 + 0,008Y_t + 0,201Y_{t-1}. \quad (3.15)$$

6) Olingan tenglamalar va ularning koeffitsiyentlarini ahamiyatliligini tekshirish.

(3.13) tenglama $\alpha = 0,05$ da ahamiyatli, chunki uning ahamiyatliligi $\alpha = 1,21 \cdot 10^{-12}$.

3.3 jadvaldan (3.13) tenglama parametrlari qiymatlari ahamiyatliligi darajasi kelib chiqadi:

- 249,66 parametr uchun ahamiyatligigi $\alpha = 0,228$;

- 0,668 parametr uchun ahamiyatligigi $\alpha = 1,21 \cdot 10^{-12}$.

Bundan esa $\alpha = 0,05$ ahamiyatlilik darajasida 249,66 parametr ahamiyatli emas, 0,668 parametrlar esa ahamiyatli hisoblanadi.

(3.14) tenglama $\alpha = 0,05$ da ahamiyatli, chunki uning ahamiyatliligi $\alpha = 1,47 \cdot 10^{-10}$.

3.6-jadvaldan (3.14) tenglama parametrlar qiymatlari ahamiyatlilik darajasi qiymatlari kelib chiqadi:

66,217 parametr uchun $\alpha = 0,394$;

0,008 parametr uchun $\alpha = 0,949$;

0,201 parametr uchun $\alpha = 0,208$.

Bundan ko'rinadiki $\alpha = 0,05$ ahamiyatlilik darajasida barcha parametrlar ahamiyatli emas.

Natijalar:

3) Endogen o'zgaruvchilar: Y_t, C_t, I_t

Oldindan aniqlangan o'zgaruvchilar Y_{t-1} va G_t .

2) Modelning keltirilgan shakli quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi.

$$C_t = \lambda_1 + \delta_{11}Y_{t-1} + \delta_{12}G_t;$$

$$I_t = \lambda_2 + \delta_{21}Y_{t-1} + \delta_{22}G_t;$$

$$Y_t = \lambda_3 + \delta_{31}Y_{t-1} + \delta_{32}G_t.$$

3) Modelning keltirilgan shakli koeffitsiyentlari:

$$C_t = 424,39 + 0,508Y_{t-1} + 0,812G_t;$$

$$I_t = 43,63 + 0,116Y_{t-1} + 0,248G_t;$$

$$Y_t = 482,66 + 0,707Y_{t-1} + 1,305G_t.$$

4) Instrumental parametrlar qiymati.

$\hat{Y}_t$ instrumental o'zgaruvchining qiymatini 3.4-jadvalning oxirgi ustunida ko'rsatilgan.

5) Modelning tizimli shaklining koeffitsiyentlarini.

$$C_t = 249,66 + 0,668Y_t;$$

$$I_t = 66,217 + 0,008Y_t + 0,201Y_{t-1}.$$

tenglama shuni ko'rsatadiki, milliy daromadning 66,8% ga o'sishi iste'molni ko'tarishga sarflanadi. Milliy daromadning xozirgi va o'tgan davrda mos ravshda 0,8 % va 20,1% i insvestisiyani o'sishiga yo'naltirilgan.

6) Olingan tenglamalar va ularning koefitsiyentlarini ahamiyatliligini tekshirish.

Tenglamalar tizimining 1-tenglamasi

$$C_t = 249,66 + 0,668Y_t$$

$\alpha=0,05$ ahamiyatlik darajasida ahamiyatli hisoblanadi.

$\alpha=0,05$ ahamiyatlik darajasida 249,66 parametr ahamiyatli emas, 0,668 parametr esa ahamiyatli.

Tenglamalar tizimining 2-tenglamasi

$$I_t = 66,217 + 0,008Y_t + 0,201Y_{t-1}$$

$\alpha=0,05$ ahamiyatlik darajasida ahamiyatli hisoblanadi.

$\alpha=0,05$ ahamiyatlik darajasida barcha parametrlar ahamiyatli emas.

3.4. Nazorat topshiriqlari

1-19-topshiriqlarda quyidagini toppish kerak.

1. Identifikatsiyaning zaruriy va yetarli shartlarini qo'llagan holda, modelning har bir tenglamasi identifikatsiyalanganligini aniqlang.
2. Model parametrlarini baholash usulini aniqlang.
3. Keltirilgan model shaklini yozing.

1-topshiriq.

Pul bozorining modeli:

$$R_t = a_1 + b_{11}M_t + b_{12}Y_t + \varepsilon_1$$

$$Y_t = a_2 + b_{21}R_t + b_{22}I_t + \varepsilon_2$$

Bu yerda, R - foiz stavkasi;

Y – yalpi ichki mahsulot;

M - pul ta'minoti;

I - ichki investitsiyalar;

t - joriy davr.

2-topshiriq.

Menges modeli:

$$Y_t = a_1 + b_{11}Y_{t-1} + b_{12}I_t + \varepsilon_1$$

$$I_t = a_2 + b_{21}Y_t + b_{22}Q_t + \varepsilon_2$$

$$C_t = a_3 + b_{31}Y + b_{32}C_{t-1} + b_{33}P_t + \varepsilon_3$$

$$Q_t = a_4 + b_{41}Q_{t-1} + b_{42}R_t + \varepsilon_4$$

Bu yerda, Y - milliy daromad;

C - shaxsiy iste'mol xarajatlari;

I - xususiy investitsiyalar;

Q - iqtisodiyotning yalpi marjasi;

P - yashash indeksi qiymati;

R - sanoat mahsuloti;

t - joriy davr;

$t-1$ - oldingi davr.

3-topshiriq.

O'zgartirilgan Keynes modelining versiyalaridan biri quyidagi shaklga ega .

$$C_t = a_1 + b_{11}Y_t + b_{12}Y_{t-1} + \varepsilon_1$$

$$I_t = a_2 + b_{21}Y_t + b_{22}Y_{t-1} + \varepsilon_2$$

$$Y_t = C_t + I_t + G_t$$

Bu yerda, C - iste'mol xarajatlari;

Y - daromad;

I - investitsiyalar;

G - davlat xarajatlari;

t - joriy davr;

$t-1$ - oldingi davr.

4-topshiriq.

Multiplikator-akselerator modeli:

$$C_t = a_1 + b_{11}R_t + b_{12}C_{t-1} + \varepsilon_1$$

$$I_t = a_2 + b_{21}(R_t - R_{t-1}) + \varepsilon_2$$

$$R_t = C_t + I_t.$$

Bu yerda, C - iste'mol xarajatlari;

R - daromad;

I - investitsiyalar;

t - joriy davr;

$t-1$ - oldingi davr.

5-topshiriq.

Bozor holati modeli quyidagi shaklga ega

$$C_t = a_1 + b_{11}Y_t + b_{12}C_{t-1} + \varepsilon_1$$

$$I_t = a_2 + b_{21}r_t + b_{22}I_{t-1} + \varepsilon_2$$

$$r_t = a_3 + b_{31}Y_t + b_{32}M_t + \varepsilon_3$$

$$Y_t = C_t + I_t + G_t$$

Bu yerda, C - iste'mol xarajatlari;

Y - yalpi ichki mahsulot;

I - investitsiyalar;

r_t - foiz stavkasi;

M - pul ta'minoti;

G - davlat xarajatlari;

t - joriy davr;

$t-1$ - oldingi davr.

6-topshiriq.

Salvatorning proteksionizm modeli (soddalashtirilgan versiyasi):

$$M_t = a_1 + b_{12}N_t + b_{13}S_t + b_{14}E_{t-1} + b_{15}M_{t-1} + \varepsilon_1$$

$$N_t = a_2 + b_{21}M_t + b_{23}S_t + b_{26}Y_t + \varepsilon_2$$

$$S_t = a_3 + b_{31}M_t + b_{32}N_t + b_{37}X_t + \varepsilon_3$$

Bu yerda, M - yalpi ichki mahsulotdagi import ulushi;

N - bojxona to'lovlaridan ozod qilish to'g'risidagi iltimosnomalarning umumiy soni;

S - bojxona to'lovlaridan ozod qilish to'g'risidagi qondirilgan arizalar soni;

E - Xalqaro valyuta bozorlarida dollarning kursi sun'iy ravishda oshirib yuborilgan yillar uchun 1 ga va boshqa yillar uchun 0 ga teng bo'lgan fiktiv o'zgaruvchi;

Y - haqiqiy yalpi ichki mahsulot;

X - real sof eksport;

t - joriy davr;

$t-1$ - oldingi davr.

7-topshiriq.

Makroiqtisodiy model, (Klein modelining soddalashtirilgan versiyasi):

$$C_t = a_1 + b_{12}Y_t + b_{13}T_t + \varepsilon_1$$

$$I_t = a_2 + b_{21}Y_t + b_{24}K_{t-1} + \varepsilon_2$$

$$Y_t = C_t + I_t.$$

Bu yerda, C - iste'mol qilish;

I - investitsiyalar;

Y - daromad;

T - soliqlar;

K - kapitalning zaxirasi;

t - joriy davr;

$t-1$ - oldingi davr.

8-topshiriq.

AQSh iqtisodiyotining makroiqtisodiy modeli (versiyalaridan biri):

$$C_t = a_1 + b_{11}Y_t + b_{12}C_{t-1} + \varepsilon_{1t} \quad (\text{iste'mol funksiyasi});$$

$$I_t = a_2 + b_{21}Y_t + b_{23}r_t + \varepsilon_{2t} \quad (\text{investitsiya funksiyasi});$$

$$r_t = a_3 + b_{31}Y_t + b_{34}M_t + b_{35}r_{t-1} + \varepsilon_{3t} \quad (\text{pul bozori funksiyasi});$$

$$Y_t = C_t + I_t + G_t \quad (\text{daromad identifikatori}).$$

Bu yerda, C - iste'mol qilish;

Y - yalpi ichki mahsulot;

I - investitsiyalar;

r - foiz stavkasi;

M - pul ta'minoti;

G - davlat xarajatlari;

t - joriy davr;

$t-1$ - oldingi davr.

9-topshiriq.

Keyns modeli (versiyalaridan biri):

$$C_t = a_1 + b_{11}Y_t + b_{12}Y_{t-1} + \varepsilon_{1t} \quad (\text{iste'mol funksiyasi});$$

$$I_t = a_2 + b_{21}Y_t + \varepsilon_{2t} \quad (\text{investitsiya funksiyasi});$$

$$Y_t = C_t + I_t + G_t \quad (\text{daromad identifikatori})$$

Bu yerda, C - iste'mol qilish;

Y - yalpi ichki mahsulot;

I - yalpi investitsiyalar;

G - davlat xarajatlari;

t - joriy davr;

$t-1$ - oldingi davr.

10-topshiriq.

$$R_t = a_1 + b_{12}Y_t + b_{14}M_t + \varepsilon_1 \quad (\text{pul bozori funksiyasi});$$

$$Y_t = a_2 + b_{21}R_t + b_{23}I_t + b_{25}G_t + \varepsilon_2 \quad (\text{mahsulot bozori funksiyasi});$$

$$I_t = a_3 + b_{31}R_t + \varepsilon_3 \quad (\text{investitsiya funksiyasi});$$

Bu yerda, R - foiz stavkalari;

Y - haqiqiy yalpi ichki mahsulot;

M - pul ta'minoti;

I - mahalliy investitsiyalar;

G - haqiqiy davlat xarajatlari.

11-topshiriq.

O'z mahsulotiga bo'lgan talabni prognoz qilish uchun kompaniya mintaqadagi umumiy iqtisodiy vaziyatni tavsiflovchi quyidagi modeldan foydalanadi:

$$Q_t = a_1 + b_{11}Y_t + \varepsilon_{1t}$$

$$C_t = a_2 + b_{21}Y_t + \varepsilon_{2t}$$

$$I_t = a_3 + b_{32}(Y_{t-1} - K_{t-1}) + \varepsilon_{3t}$$

$$Y_t = C_t + I_t$$

Bu yerda, Q - t davridagi savdo;

Y - mintaq yalpi daromadi;

C - yakuniy iste'mol;

I - investitsiyalar;

K - kapital zaxirasi;

t - joriy davr;

$t-1$ - oldingi davr.

12-topshiriq.

Keynsning o'zgartirilgan modeli:

$$C_t = a_1 + b_{11}Y_t + \varepsilon_1$$

$$I_t = a_2 + b_{21}Y_t + b_{22}Y_{t-1} + \varepsilon_2$$

$$Y_t = C_t + I_t + G_t$$

Bu yerda, C - iste'mol xarajatlari;
 Y - daromad;
 I - investitsiyalar;
 G - davlat xarajatlari;
 t - joriy davr;
 $t-1$ - oldingi davr.

13-topshiriq.

Makroiqtisodiy model,:

$$C_t = a_1 + b_{11}D_t + \varepsilon_{1t}$$

$$I_t = a_2 + b_{22}Y_t + b_{23}Y_{t-1} + \varepsilon_{2t}$$

$$Y_t = D_t + T_t$$

$$D_t = C_t + I_t + G_t$$

Bu yerda, C - iste'mol xarajatlari;
 Y - sof milliy mahsulot;
 D - sof milliy daromad;
 I - investitsiyalar;
 T - bilvosita soliqlar;
 G - davlat xarajatlari;
 t - joriy davr;
 $t-1$ - oldingi davr.

14-topshiriq.

Modelning quyidagi tarkibiy shakli berilgan:

$$C_t = b_1 + b_2S_t + b_3P_t$$

$$S_t = a_1 + a_2R_t + a_3R_{t-1} + a_4t$$

$$R_t = S_t + P_t$$

Bu yerda, C_t - t davridagi shaxsiy iste'mol;
 S_t - t davridagi ish haqi;
 P_t - t davridagi foyda;
 R_t - t davridagi jami daromad;
 R_{t-1} - $t-1$ davridagi jami daromad;
 $t-1$ - oldingi davr.

15-topshiriq.

Bozordagi talab va taklif quyidagi model bilan tavsiflanadi:

$$q_1 = a_1 + b_1 p + \varepsilon_1$$

$$q_2 = a_2 + b_2 p + \varepsilon_2$$

$$q_1 = q_2$$

Bu yerda, q_1 - tovarlarga talab;
 q_2 - tovarlar miqdori bo'yicha taklif;
 p - bitimlar tuzilgan narx.

16-topshiriq.

Iqtisodiyotning taxminiy modeli:

$$C_t = a_1 + b_{11}Y_t + b_{12}I_t + \varepsilon_1$$

$$I_t = a_2 + b_{21}Y_{t-1} + \varepsilon_2$$

$$T_t = a_3 + b_{31}Y_t + \varepsilon_3$$

$$Y_t = C_t + I_t + G_t$$

Bu yerda, C - t davridagi umumiy iste'mol;
 Y - t davridagi jami daromad;
 I - t davridagi investitsiyalar;
 T - t davridagi soliqlar;
 G - t davridagi davlat daromadlari;

17-topshiriq.

Keyns tipidagi talab va taklif modeli:

$$Q_t^s = a_1 + a_2 P_t + a_3 P_{t-1} + \varepsilon_1 \text{ (taklif)}$$

$$Q_t^d = \beta_1 + \beta_2 P_t + \beta_3 Y_t + \varepsilon_2 \text{ (talab)}$$

$$Q_t^s = Q_t^d \text{ (indikator)}$$

Bu yerda, Q_t^d - t vaqtdagi tovarlarga bo'lgan talab;
 Q_t^s - t vaqtdagi tovarlarga bo'lgan taklif;
 P_t - t vaqtdagi tovarlarning narxi;
 Y_t - t vaqtdagi daromad;
 P_{t-1} - oldingi davrdagi tovarlar narxi.

18-topshiriq.

Pul talab va taklif modeli:

$$R_t = a_1 + b_{11}M_t + b_{12}Y_t + \varepsilon_1$$

$$Y_t = a_2 + b_{21}R_t + \varepsilon_2$$

Bu yerda, R - t davrdagi foiz stavkalari;

Y - t davridagi YaIM;

M - t davridagi pul massasi.

19-topshiriq.

Pul bozori modeli:

$$R_t = a_1 + b_{11}M_t + b_{12}Y_t + \varepsilon_1$$

$$Y_t = a_2 + b_{21}R_t + b_{22}I_t + \varepsilon_2$$

$$I_t = a_3 + b_{33}R_t + \varepsilon_3$$

Bu yerda, R - foiz stavkalari;

Y - yalpi ichki mahsulot;

M - pul massasi;

I - mahalliy investitsiyalar.

20-topshiriq.

Quyidagi model ko'rib chiqiladi:

$$S_t = a_1 + b_{11}D_t + b_{12}M_t + b_{13}Un_t + \varepsilon_1$$

$$C_t = a_2 + b_{21}D_t + b_{22}S_t + b_{23}Un_{t-1} + \varepsilon_2$$

$$D_t = a_3 + b_{31}S_t + b_{32}C_{t-1} + b_{33}I_t + \varepsilon_3$$

Bu yerda, S_t - t davridagi ish haqi;

D_t - t davrdagi sof milliy daromad;

M_t - t davrdagi pul massasi;

C_t - t davrdagi iste'mol xarajatlari;

C_{t-1} - $t-1$ davrdagi iste'mol xarajatlari;

Un_t - t davridagi ishsizlik darajasi;

Un_{t-1} - oldingi davrdagi ishsizlik darajasi;

I_t - t davridagi investitsiyalar.

Topish kerak.

1. Ushbu modelning tarkibiy parametrlarini qanday usul bilan baholaysiz?
2. Modelning berilgan shaklini yozing.
3. Modelning birinchi va ikkinchi tarkibiy tenglamalari parametrlarini hisoblash metodologiyasini qisqacha ta'riflang.

21-topshiriq.

Quyida ma'lum bir iqtisodiy model parametrlarini hisoblash natijalari keltirilgan.

Tarkibiy model shakli;

$$Y_1 = -4 + ???Y_2 - 9,4X_2 + \varepsilon_1$$

$$Y_2 = 12,83 - 2,67Y_1 + ???X_1 + \varepsilon_2$$

$$Y_3 = 1,36 - 1,76Y_1 + 0,828Y_2 + \varepsilon_3$$

Modelning berilgan shakli:

$$Y_1 = 2 + 4X_1 - 3X_2 + \nu_1$$

$$Y_2 = 7,5 + 5X_1 + 8X_2 + \nu_2$$

$$Y_3 = 4 + ???X_1 + ???X_2 + \nu_3$$

Topish kerak.

1. Modelning tarkibiy va keltirilgan shakllari parametrlarini olish uchun qanday usullar qo'llaniladi? Modelning tarkibiy parametrlarini hisoblash uchun bilvosita EKKUdan foydalanish imkoniyatini asoslang.
2. Qoldirilgan parametrlarni toping.

22-topshiriq.

Iqtisodiy model to'rtta tenglamani, to'rtta endogen o'zgaruvchini (y) va uchta ekzogen o'zgaruvchini (x) o'z ichiga oladi. Quyida ushbu modelning tarkibiy shakldagi o'zgaruvchilar oldidagi uchun koeffitsiyentlardan tashkil topgan matrissasi berilgan.

Tenglama	y_1	y_2	y_3	y_4	x_1	x_2	x_3
I	-1	0	b_{13}	b_{14}	c_{11}	0	0
II	0	-1	b_{23}	0	c_{21}	0	0
III	0	b_{32}	-1	0	c_{31}	0	c_{33}
IV	b_{41}	b_{42}	b_{43}	-1	0	c_{42}	c_{43}

Topish kerak.

Identifikatsiya qilishning zaruriy va yetarlicha sharlaridan foydalanib, modeldagi har bir tenglamani identifikatsiyalanganligini aniqlang.

23-topshiriq.

Inflyatsiya darajasi va oddiy aktsiyalarning rentabelligi o'rtasidagi munosabatni o'rganish uchun quyidagi regressiya tenglamalari tizimi qo'llaniladi:

$$Rb_t = a_1 + b_{11}Rs_t + b_{12}Rb_{t-1} + b_{13}L_t + b_{14}Y_t + b_{15}N_t + b_{16}I_t + \varepsilon_1$$

$$Rb_t = a_2 + b_{21}Rb_t + b_{22}Rb_{t-1} + b_{23}L_t + b_{24}Y_t + b_{25}N_t + b_{26}E_t + \varepsilon_2$$

Bu yerda, Rb - obligatsiyalar rentabelligi;

Rs - oddiy aktsiyalar rentabelligi;

L - aholi jon boshiga pul shaklida daromad;

Y - aholi jon boshiga barcha manbalar daromadi;

N - davr uchun qimmatli qog'ozlarning yangi chiqarilishini tavsiflovchi o'zgaruvchi;

E - davr oxirida kutilgan aktsiyalar rentabelligi;

I - inflyatsiya darajasi kutilishi;

t - joriy davr; joriy davr;

$t-1$ - oldingi davr.

Ushbu modelda Rb va Rs endogen o'zgaruvchilari.

Topish kerak.

1. Ushbu model bir vaqtli tenglamalar tizimi ekanligini aniqlang.
2. Modelning keltirilgan shaklini yozing.
3. Ushbu modelning strukturaviy parametrlarini qanday usul bilan baholaysiz? Javobni tushuntiring.

24-topshiriq.

Keynesian tipidagi quyidagi model berilgan:

$$C_t = a_1 + b_{11}Y_t + b_{12}T_t + \varepsilon_1 \quad (\text{iste'mol funksiyasi});$$

$$I_t = a_2 + b_{21}Y_{t-1} + \varepsilon_2 \quad (\text{investitsiya funksiyasi});$$

$$T_t = a_3 + b_{31}Y_t + \varepsilon_3 \quad (\text{solliqlar funksiyasi});$$

$$Y_t = C_t + I_t + G_t \quad (\text{daromad identifikatori})$$

Bu yerda, C - t davrida jami iste'mol;

Y - t davrida jami daromad;

I - t davrida investitsiyalar;

T - t davridagi solliqlar;

G - t davridagi davlat xarajatlari;

Y_{t-1} - $t-1$ davrida jami daromad.

Ushbu modelda G , I , T va Y endogen o'zgaruvchilari.

Topish kerak.

1. Identifikatsiya qilish uchun zarur va etarli shartni qo'llash orqali har bir model tenglamasi aniqlanganmi yoki yo'qligini aniqlang. Har bir tenglamaning strukturaviy parametrlarini qanday usul bilan baholaysiz (parametrlarni baholash usuli taqdim etilmasligi kerak).
2. Keltirilgan model shaklini yozing.
3. Investitsiya funksiyasining o'ng tomoniga qo'shimcha ekzogen rt o'zgaruvchisi (foiz stavkalari) kiritilsin. Ushbu o'zgarish modelning strukturaviy parametrlarini aniqlash va baholash usullariga qanday ta'sir qiladi?

25-topshiriq.

Iste'molning (C) daromadga (Y) bog'liqligi o'rganiladi.

Topish kerak.

1. Iqtisodiy model quyidagi shaklga ega bo'lsa, iste'mol funksiyasi parametrlarini qanday aniqlash mumkin:

A model: $C = a + bY + \varepsilon$ (iste'mol funksiyasi);

B model: $C = a + bY + \varepsilon$ (iste'mol funksiyasi);

$Y = C + I$ (daromad identifikatori);

V model: $C = a + bY + \varepsilon$ (iste'mol funksiyasi);

$Y = C + I + G$ (daromad identifikatori)

Bu yerda, I - investitsiyalar;

G – davlat xarajatlari;

C, Y – endogen o'zgaruvchilar.

Siz tanlagan usulning asosini va hisoblash usulining qisqacha tavsifini o'z ichiga olgan har bir A-V modeliga batafsil javob bering .

2. Keling, barcha modellar bo'yicha o'zgarimas bo'lgan modelni aniqlab va a va b parametrlarning berilgan ma'lumotlarida siz taklif qilgan modellar determinatsiya koeffitsiyentlarini (ularni R_A^2, R_B^2, R_C^2 mos ravishda deb ataymiz). Ushbu koeffitsiyentlardan qaysi biri eng yuqori bo'ladi? Nima uchun?

26-topshiriq.

Oltita kuzatuv asosida qurilgan model berilgan:

$$Y_1 = a_1 + b_{12}Y_2 + \varepsilon_1$$

$$Y_2 = a_2 + b_{21}Y_1 + c_{21}X_1 + \varepsilon_2$$

$$Y_3 = Y_2 + X_2$$

Bu quyidagi shaklga mos keladi:

$$Y_1 = -1,25 + 22X_1 + 0,67X_2 + \nu_1$$

$$Y_2 = 2 - 4X_1 + 10X_2 + \nu_2$$

$$Y_3 = -30 + 12X_1 + 8X_2 + \nu_3$$

Quyidagi dastlabki ma'lumotlar ham ma'lum:

n	1	2	3	4	5	6
Y_1	3	2	4	1	5	3
X_1	2	3	5	6	10	8
X_2	4	7	3	6	5	5

Topish kerak.

1. Agar iloji bo'lsa, birinchi tenglamaning strukturaviy parametrlarini aniqlang.
2. Agar iloji bo'lsa, ikkinchi tenglamaning strukturaviy parametrlarini aniqlang.

27-topshiriq.

Quyidagi model berilgan:

$$Y_t = C_t + I_t + G_t \quad (\text{daromad identifikatori})$$

$$C_t = 0,09 + 0,43Y_{t-1} + 0,23M_t + \varepsilon_{1t} \quad (\text{iste'mol funksiyasi});$$

$$I_t = 0,08 + 0,40(Y_{t-1} - Y_{t-2}) + 0,48Z_t + 0,1t + \varepsilon_{2t} \quad (\text{investitsiya funksiyasi});$$

$$G_t = 0,13 + 0,67G_{t-1} + \varepsilon_{3t} \quad (\text{davlat xarajatlari$$

tenglamasi).

Bu yerda, Y_t - joriy t yilda yalpi ichki mahsulot;

C_t - joriy t yilda shaxsiy iste'mol xarajatlari;

I_t - joriy t yilda yalpi mahalliy investitsiyalar;

G_t - davlat xarajatlari va joriy yilda aniq xorijiy investitsiyalar;

YD_{t-1} - o'tgan yili soliq imtiyozlari bir martalik daromad;

M_t - joriy yilda pul ta'minoti;

Z_t - mulkdan olinadigan daromad joriy yil soliq imtiyozlariga qadar;

Y_{t-1} - o'tgan yilgi yalpi ichki mahsulot;

Y_{t-2} - ikki yil avvalgi yalpi ichki mahsulot;

G_{t-1} - o'tgan yilgi davlat xarajatlari va aniq xorijiy investitsiyalar;

t - vaqt omili;

Y, C, I, G - endogen o'zgaruvchilar.

Topish kerak.

1. Quyidaglar berilgan:

O'zgaruvchi	O'rtacha qiymat	O'rtacha kvadrat chetlanish
YD_{t-1}	2500	500
M_t	3000	200

Ushbu o'zgaruvchilardan qaysi biri oxirgi iste'mol xarajatlariga eng kuchli ta'sir ko'rsatadi? Javobni tegishli hisob-kitoblar bilan tasdiqlang ($\sigma_{\varepsilon_t} = 430$).

2. Investitsiya funksiyasi parametrlarini sharhlab bering.

3. Ushbu modeldagi har bir tenglamaning parametrlari odatdagi eng kichik kvadratlar (OEKK) usuli bilan topilgan. Ushbu modelga OEKK usulini qo'llash imkoniyati haqida fikringizni bildiring.

28-topshiriq.

Quyidagi model berilgan:

$$Y_1 = a_1 + b_{11}X_1 + b_{12}X_2 + c_{12}Y_2 + \varepsilon_1$$

$$Y_2 = a_2 + b_{22}X_2 + b_{23}X_3 + c_{21}Y_1 + \varepsilon_2$$

$$Y_3 = a_3 + b_{31}X_1 + b_{33}X_3 + \varepsilon_3.$$

Ushbu modelning keltirilgan shakli ko'rinishga ega.

$$Y_1 = 6 + 8X_1 + 10X_2 + 4X_3 + \nu_1$$

$$Y_2 = 16 - 12X_1 - 70X_2 + 8X_3 + \nu_2$$

$$Y_3 = 10 - 5X_1 - 22X_2 + 5X_3 + \nu_3.$$

Topish kerak.

1. Yuqoridagi model shakliga asoslangan barcha mumkin bo'lgan strukturaviy koeffitsiyentlarni aniqlang.

2. Siz tanlagan strukturaviy koeffitsiyentlarni aniqlash usulini qo'llash imkoniyatini tushuntiring.

29-topshiriq.

Quyidagi model berilgan:

$$Y_1 = a_1 + b_{12}Y_2 + b_{13}Y_3 + c_{12}X_2 + \varepsilon_1$$

$$Y_2 = a_1 + b_{21}Y_1 + b_{23}Y_3 + c_{21}X_2 + c_{22}X_2 + \varepsilon_2$$

$$Y_3 = a_3 + b_{34}Y_4 + C_{32}X_2 + C_{33}X_3 + \varepsilon_3$$

$$Y_4 = a_4 + b_{42}Y_2 + b_{43}Y_3 + C_{43}X_3 + \varepsilon_4.$$

Ushbu model quyidagi shaklga mos keladi:

$$Y_1 = 2 + 3X_1 + 4X_2 - 3X_3 + \nu_1$$

$$Y_2 = 12 - 6X_1 + 2X_2 + 4X_3 + \nu_2$$

$$Y_3 = 8 + 5X_1 + 10X_2 + 3X_3 + \nu_3$$

$$Y_4 = 4 - 3X_1 + 5X_2 - 6X_3 + \nu_4.$$

Topish kerak.

1. Modelni qaysi tarkibiy parametrlarini berilgan koeffitsiyentlar orqali topish mumkin. Javobni tushuntiring. Misol sifatida, qaysidir bir tarkibiy tenglama parametrlarini toping.

Eslatma: Hisob-kitoblarni soddalashtirish uchun ularni oddiy kasrlarda hisoblash tavsiya etiladi.

2. Agar $c_{21} = 0$ bo'lsa, 1 savol bo'yicha javobingizda nima o'zgaradi,

30-topshiriq.

Turlarning modeli qurilgan.

$$Y_1 = a_1 + b_2Y_2 + c_1X_1 + \varepsilon_1$$

$$Y_2 = a_2 + b_2Y_1 + c_2X_2 + \varepsilon_2.$$

Topish kerak.

Quyida berilganlarni hisobga olgan holda strukturaviy koeffitsiyentlarni aniqlang.

$$\sum Y_1X_1 = 2600; \sum Y_1X_2 = 4350; \sum Y_1 = 350; \sum Y_2 = 25; \sum X_1 = 750;$$

$$\sum X_2 = 350; \sum X_1^2 = 1200; \sum X_2^2 = 1800; n = 30; \sum X_1X_2 = 1500,$$

va shuningdek $Y_2 = 2X_1 + 3X_2$.

31-topshiriq.

Quyidagi gipotetik tizimli model berilgan:

$$Y_1 = b_{12}Y_2 + a_{11}X_1 + a_{12}X_2$$

$$Y_2 = b_{21}Y_1 + b_{23}Y_3 + a_{22}X_2$$

$$Y_3 = b_{32}Y_2 + a_{31}X_1 + a_{33}X_3.$$

Berilgan modelning keltirilgan shakli quyidagi ko'rinishga ega

$$Y_1 = 3X_1 - 6X_2 + 2X_3$$

$$Y_2 = 2X_1 + 4X_2 + 10X_3$$

$$Y_3 = -5X_1 + 6X_2 + 5X_3.$$

Topish kerak.

1. Identifikatsiya qilish uchun modelning strukturaviy shaklini tekshiring.
2. Modelning tarkibiy koeffitsiyentlarini aniqlang.

32-topshiriq.

3.7- jadvalda keltirilgan shartli ma'lumotlar mavjud bo'lsin.

3.7-jadval

Vaqt qatorlari	O'sish darajasi					% ishsizlar, X_1
	Ish haqi, Y_1	Narxlar, Y_2	Daromad, Y_3	Import narxlari, X_2	Iqtisodiy faol aholi, X_3	
1	2	6	10	2	1	1
2	3	7	12	3	2	2
3	4	8	11	1	5	3
4	5	5	15	4	3	2
5	6	4	14	2	3	3
6	7	9	16	2	4	4
7	8	10	18	3	4	5

Topish kerak.

Quyidagi turdagi strukturaviy model parametrlarini aniqlang:

$$Y_1 = b_{12}Y_2 + a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \varepsilon_1$$

$$Y_2 = b_{21}Y_1 + a_{22}X_2 + a_{23}X_3 + \varepsilon_2$$

$$Y_3 = b_{31}Y_1 + a_{33}X_3 + \varepsilon_3.$$

33-topshiriq.

Bir agrar mamlakatlarda iste'mol funksiyasi 2013-2018 yillar uchun qurilgan 3.8-jadvalda keltirilgan ma'lumotlarga ko'ra (shartli pul birliklarida).

3.8-jadval

Ko'rsatkich	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Hududlar bo'yicha aholi jon boshiga chakana savdo tovar aylanmasi, ming so'm	1549,5	1890,1	2274,3	2765,4	3245,6	3998,4
Aholi jon boshiga asosiy kapitalga investitsiyalar, ming so'm	1008,2	1224,0	1431,7	1608,6	2227,8	3769,6
Aholi jon boshiga umumiy daromadlar, ming so'm	3361,5	3832,8	5070,5	5810,0	6817,6	8580,0

Topish kerak.

1. Keynsning daromad olish modelini qo'llash orqali iste'mol funksiyasini quring.
2. Keltirilgan model shakli natijalarini izohlang.

34-topshiriq.

Ba'zi tovarlarning talab va taklifining uning narxiga, daromadga va foiz stavkasiga bog'liqligini tekshiradi:

$$Q_t^s = a_1 + a_2 p_t + a_3 R_t + \varepsilon_1$$

$$Q_t^d = b_1 + b_2 p_t + b_3 Y_t + b_4 Y_{t-1} + \varepsilon_2$$

$$Q_t^s = Q_t^d = Q_t$$

Bu yerda, Q_t^s - t vaqtidagi taklif;

Q_t^d - t vaqtdagi talab;

p_t - t vaqtdagi mahsulot narxi;

R_t - t vaqtdagi foiz stavkasi;

Y_t - t vaqtdagi daromad;

Y_{t-1} - oldingi davrdagi daromad.

Ushbu modeldagi taklifning narxi va miqdori bir vaqtning o'zida belgilanadi, shuning uchun bu o'zgaruvchilar endogen deb hisoblanishi kerak.

Sakkiz yil davomida barcha ko'rsatkichlarning o'sishi haqida ma'lumot 3.9-jadvalda keltirilgan.

3.9-jadval

Yil	Q_t	R_t	Y_t	Y_{t-1}	p_t
1	40	3,0	15	13	6
2	45	3,0	15	15	6
3	40	2,0	18	15	5
4	50	3,5	20	18	8
5	35	2,5	18	20	5
6	45	4,0	22	18	9
7	50	3,5	21	22	10
8	45	3,5	22	21	9
Σ	350	25,0	151	142	58

Ushbu model uchun quyidagi tenglamalar tizimi olingan:

$$\begin{cases} Q_t = 24,4730 + 5,2374 \cdot R_t + 0,1652 \cdot Y_t - 0,0116 \cdot Y_{t-1} \\ P_t = -4,4268 + 1,9746 \cdot R_t + 0,1915 \cdot Y_t + 0,1065 \cdot Y_{t-1} \end{cases}$$

Topish kerak.

1. Modelni identifikatsiyalash.
2. Strukturaviy modelning birinchi tenglamasi parametrlarini hisoblang.

4. Ekonometrikada vaqtli qatorlar

4.1. Uslubiy ko'rsatmalar

4.1.1. Dinamik modellarning umumiy tavsifi

Ayni paytdagi yoki vaqt oralig'idagi iqtisodiy ko'rinish holati ko'pincha uning holatidan avvalgi davrdagi yoki vaqt oralig'idagi atrof muhit holatiga bog'liq. Ushbu holat omillarning amalda kechikish kattaligi yoki o'rganilayotgan jarayonlarning o'zgarish natijasidir.

Vaqtining ketma-ketlik momentlaridagi iqtisodiy ko'rinishlar holatini bog'lovchi modellarni dinamik modellar deb anglash qabul qilingan.

Ushbu modellar dinamikadagi, rivojlanishdagi ko'rinishlarni o'rganish imkonini beradi. Dinamik modellarning analitik tasavvuri vaqtning (davrnig) avvalgi momentlariga ham, hozirgi momentlariga ham tegishli o'zgaruvchilar qiymatini saqlaydi.

Vaqtning avvalgi momentlaridagi omil o'zgaruvchilarning qiymatlarini omil sifatida o'zida saqlovchi ekonometrik modellar taqsimlangan lagli modellar deb ataladi.

$$y_t = a + b_0x_t + b_1x_{t-1} + \dots + b_px_{t-p} + \varepsilon_t \quad (4.1)$$

Bu modellar yordamida sabablar (erkin omillar) ta'sir natijaga (erkli o'zgaruvchi) qandaydir bir kechikish bilan amalga oshadigan holatlar ifodalanadi. Masalan, mahsulot ishlab chiqarish hajmining investitsiyalar hajmidan reklama uchun harajatlar tushumiga va hakazolarga bog'liqligini o'rganish kabi.

Omil sifatida vaqtning avvalgi momentlardagi natijaviy o'zgaruvchining qiymatlariga ega bo'lgan ekonometrik modellar avtoregressiya modellari deb ataladi.

$$y_t = a + b_0x_t + c_1y_{t-1} + c_2y_{t-2} + \dots + c_qy_{t-q} + \varepsilon_t \quad (4.2)$$

Bunday turdagi modellar o'rganilayotgan ko'rinishi o'zgarishidagi ma'lum inertlik kattaligini tahlil qiladi, bunda o'rganilayotgan ko'rinish darajasi uning avvalgi davrlarda erishgan darajasiga bog'liq bo'ladi. Masalan, tovarga bo'lgan talab darajasi yoki hozirgi davrdagi yalpi yoki ichki mahsulot darajasi avvalgi davrlarda erishgan darajalar orqali aniqlanadi.

Yuqorida aytilgan modellarning turli xil kombinatsiyalari ham qo'llaniladi.

Ekonometrik modelga lag o'zgaruvchilarni kiritish quyidagi muammolarni yuzaga keltiradi:

Birinchidan, ko'p hollarda o'zaro kuchli korrelyasiyalanuvchi $y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, x_{t-1}, x_{t-2}, \dots$ Omillar model sifatini yo'qolishiga olib keladi. Natijada uning parametrlari bahosining aniqligining yomonlanishiga berilgan ma'lumotlar ahamiyatsiz tebranish, xatolik yoki yaxlitlash ularning samaradorligini va turg'unligini pasayishiga olib keladi.

Ikkinchidan, qoidaga ko'ra $y_{t-1}, y_{t-2}, \dots$ o'zgaruvchilar va ε_t xatolik o'rtasida kuchli korrelyatsion bog'liqlik mavjud, bu bog'liqlik EKKU qo'llanilishidagi parametrlar baholanishida aralashishlar paydo bo'lishiga olib keladi.

Uchinchidan, model xatoligi ε_t ning vaqtli qatori avtokorrelyatsion bog'liqlik mavjudligi bilan tavsiflanadi, natijada, EKKU yordamida bevosita olingan model parametrlari baholari samarador bo'lmaydi.

Taqsimlangan lagli modellar va avtoregressiya modellarini qurishdagi eng muhim bosqich lagning optimal kattaligining tanlanishi va uning tuzilishini aniqlash hisoblanadi.

4.1.2. Dinamik modellar parametrlar interpretasiyasi

Lag taqsimoti bo'yicha model parametrlari interpretasiyasi

Quyidagi taqsimlangan lagli modelni ko'rib chiqaylik:

$$y_t = a + b_0 x_t + b_1 x_{t-1} + b_2 x_{t-2} + \dots + b_p x_{t-p} + \varepsilon_t. \quad (4.3)$$

(4.3) munosabatdan kelib chiqadiki, x erkli o'zgaruvchining qandaydir t vaqt davrida o'zgarishi y o'zgaruvchining shu davrdagi va vaqtning navbatdagi p davrlardagi qiymatigacha ta'sir etadi. Vaqtning keyingi davrlaridagi ta'siri boshqa ro'y byermaydi. Shunday qilib ta'sir qilish vaqt oralig'i chekli va $p+1$ davrda chegaralangan.

x_t o'zgaruvchi oldidagi b_0 regressiya koeffitsiyenti qisqa muddatli ko'paytuvchi deb ataladi. U x_t ning o'z o'lchami bo'yicha bir birlik qandaydir t vaqt davrida o'zgarishi y_t ning x omilning lagli qiymatlari ta'sirini hisobga olmasdan o'rtacha absolyut o'zgarishni ifodalaydi.

$(b_0 + b_1), (b_0 + b_1 + b_2)$ va hokazo kattaliklar oraliq ko'paytuvchi deb ataladi. Ular y_t ning ikkita, uchta va hokazo davrlar davomida x_t ning bir birlikka o'zgarishida o'zgarashini ifodalaydi.

$$b = b_0 + b_1 + \dots + b_p \quad (4.4)$$

kattalik natijaviy o'zgaruvchining eng katta jamlanma o'zgarishini ko'rsatib, ushbu davrda x omilning bir birlikka o'zgarishi ta'siri ostida erishiladi va uzoq muddatli ko'paytuvchi deb ataladi.

Masalan,

$$y_t = 100 + 70x_t + 25x_{t-1} + 5x_{t-2}$$

model uchun qisqa muddatli ko'paytuvchi 70 ga, ya'ni x_t ning 1 birlikka o'zgarishi y_t ko'rsatkichning o'rtacha 70 birlikka o'sha davrda o'zgarishiga olib keladi. Ikkita davr mobaynida y_t ko'rsatkich $70+25=95$ birlikka oshadi, uzoq muddatli ko'paytuvchi esa

$$b = (b_0 + b_1 + b_2) = 70 + 25 + 5 = 100,$$

ga teng va y_t ko'rsatkichning 100 birlikka jamlanmaviy o'zgarishiga olib keladi.

Avtoregressiya modellari parametrlari interpretasiyasi

$$y_t = a + b_0x_t + c_1y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (4.5)$$

ko'rinishdagi 1-tartibli avtoregressiya modelini ko'rib chiqamiz.

Avvalroq ko'rganimizdek b_0 koeffitsiyent x_t ning bir birlikka o'sha davrda o'zgarishi ta'siri ostida y_t ning qisqa muddatli o'zgarishini ifodalaydi. y_t ning b_0 ga o'sha davrda o'zgarishi (7.13) munosabatga ko'ra keyingi davrlarda y_{t-1} ning $b_0 \cdot c_1$ kattalikka o'zgarishini keltirib chiqaradi. $t+2$ davrda y_{t-2} ning o'zgarishi $b_0 \cdot c_1^2$ ni tashkil qiladi va hokazo. Avtoregressiya modelidagi ko'paytuvchi cheksiz yig'indi sifatida ko'riladi.

$$b = b_0 + b_0c_1 + b_0c_1^2 + b_0c_1^3 + \dots \quad (4.6)$$

Agar $|c_1| < 1$ shart bajarilsa, (5.6) o'ng qismidagi yig'indi, ya'ni uzoq muddatli ko'paytuvchi kattaligi chekli bo'ladi

$$b = b_0(1 + c_1 + c_1^2 + c_1^3 + \dots) = \frac{b_0}{1 - c_1}, \text{ bunda } |c_1| < 1. \quad (4.7)$$

Quyidagi na'munadagi misolda $y_t = 200 + 50x_t + 0,6y_{t-1}$ qisqa muddatli ko'paytuvchi 50 ga teng, bu esa x_1 ning 1 birlikka ortishi y_t ni xuddi o'sha davrda o'rtacha 50 birlikka o'sishiga olib keladi. y_t ning uzoq muddatli o'zgarishi $b = 50/(1 - 0,6) = 125$ birlikni tashkil qiladi, ya'ni x_1 ning 1 birlikka o'zgarishi qandaydir bir davrda uzoq muddatli mo'ljalda o'rtacha 125 birlikka o'zgarishiga olib keladi.

4.1.3. Avtoregressiya modellari parametrlarini baholash

1-tartibli avtoregressiya modelini ko'rib chiqamiz:

$$y_t = a + b_0x_t + c_1y_{t-1} + \varepsilon_t. \quad (4.8)$$

Avtoregressiya modellarini qurishdagi asosiy muammolardan biri y_{t-1} o'zgaruvchi va ε_t qoldiq orasidagi korrelyatsion bog'liqlikni mavjudligi bo'lib, bu esa oddiy EKK usulidan foydalanishda y_{t-1} o'zgaruvchi oldidagi parametrlarining aralashgan bahosini olishga olib keladi. Bu muammoni hal qilish uchun uskunaviy o'zgaruvchilar usuli qo'llaniladiki, bunga ko'ra modelning o'ng qismidagi y_{t-1} o'zgaruvchini yangi $\hat{y}_{t-1}$ o'zgaruvchiga almashtiriladi. Bu o'zgaruvchi birinchidan y_{t-1} bilan kuchli korrelyasiyalanishi kerak, ikkinchidan model xatoligi ε_t bilan korrelyasiyalanmasligi kerak. Bunday o'zgaruvchi sifatida y_{t-1} regressiya o'zgaruvchisini x_{t-1} o'zgaruvchisi olishi mumkin.

$$\hat{y}_{t-1} = d_0 + d_1x_{t-1} \quad (4.9),$$

bu yerda o'zgarmas d_0 va d_1 lar regressiya tenglamasi koeffitsiyentlari bo'lib, oddiy EKK usuli yordamida hisoblanadi

$$y_{t-1} = d_0 + d_1x_{t-1} + u_t. \quad (4.10)$$

Natijada (4.8) tenglama parametrlari bahosi uchun

$$y_t = a + b_0x_t + c_1y_{t-1} + c_2\hat{y}_{t-1} + v_t, \quad (4.11)$$

tenglamadan foydalanamiz. Bu yerda $\hat{y}_{t-1}$ o'zgaruvchi qiymatlari (4.9) formula bo'yicha hisoblangan.

Bundan bilamizki, $\hat{y}_{t-1}$ va x_{t-1} lar orasidagi funksional bog'lanish kuchli korrelyatsion bog'lanishni paydo bo'lishiga olib keladi. (4.8) modeldagi bu muammoni hal qilish uchun vaqt va mos holda (4.11) modeldagi omilni erkli o'zgaruvchi sifatida kiritamiz. Bunda model ko'rinishi

$$y_t = a + b_0x_t + c_1\hat{y}_{t-1} + c_2t + v_t \quad (4.12)$$

ko'rinishni oladi.

(4.8) avtoregressiya modellaridagi qoldiqlar avtokorrelyasiyasi to'g'risidagi gipotezani tekshirish uchun Darbinning h -kriteriysidan foydalaniladi. Kriteriyning hisoblangan qiymatlarini quyidagi formuladan foydalanib topamiz:

$$h = \left(1 - \frac{d}{2}\right) \cdot \sqrt{\frac{n}{1 - n \cdot V}}. \quad (4.13)$$

Bu yerda d berilgan model uchun Darbin-Uotson mezonining hisoblangan qiymati.

$$d = \frac{\sum_{t=2}^n (v_t - v_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n v_t^2} \quad (4.14)$$

bu yerda, n - modeldagi kuzatishlar soni, v - lagli natijaviy o'zgaruvchi oldidagi standart hatolik kvadrati.

α ahamiyatlilik darajasida mezonning kritik qiymati sifatida $t_{\alpha/2}$ va $t_{1-\alpha/2}$ - standartlashtirilgan, normal taqsimotning $\alpha/2$ va $1-\alpha/2$ tartibli kvantillar qiymatlari olinadi. Avtokorrelyasiya mavjud ekanligi to'g'risidagi N_0 gipoteza rad etiladi. Agar

$$t_{\alpha/2} < h < t_{1-\alpha/2} \quad (4.15)$$

bo'lganda $n \cdot V < 1$ shart bajarilsa, bu kriteriy qo'llanilishi mumkinligini sezish mumkin.

4.2. Masalalarni axborot texnologiyalarini qo'llab yechish

Masalani MS Excel dasturi yordamida yechish

1-masala. 4.1-jadval ma'lumotlariga ko'ra quyidagilarni toping:

1. Avtoregressiya tenglamasini tuzing.

$$y_t = a + b_0 x_t + c_1 y_{t-1} + \varepsilon_t.$$

2. Regressiya tenglamasi va alohida koeffitsiyentlar ahamiyatligini tekshiring.

3. Tenglama parametrlari olingan qiymatlarni izohlang.

4. Qoldiqli avtokorrelyasiya mavjudligini tekshiriring.

Yechilishi.

Berilgan ma'lumotlar:

Kuzatish ma'lumotlari 4.1-jadvalda berilgan;

Ahamiyatlilik darajasi $\alpha = 0,05$.

4.1-jadval

Kuzatish ma'lumotlari

Kuzatish yillari	Y_t	X_t	Y_{t-1}	$\hat{Y}_{t-1}$ ning tekislangan qiymati
1	1016,6	1412,7	-	-
2	1435,9	1978,9	1016,6	1065,9
3	1776,1	2292,0	1435,9	1449,2
4	2003,8	2514,4	1776,1	1661,2
5	3265,7	4632,0	2003,8	1811,7
6	4476,9	7116,6	3265,7	3245,4
7	5886,9	8819,9	4476,9	4927,4
8	7443,2	10627,5	5886,9	6080,6
9	9024,8	12886,1	7443,2	7304,3
10	11401,4	16679,9	9024,8	8833,4
11	14363,5	21079,5	11401,4	11401,8
12	17742,6	26009,7	14363,5	14380,3

1) Avtoregressiya tenglamasini qurish.

$$y_t = a + b_0 x_t + c_1 y_{t-1} + \varepsilon_t.$$

Uskunaviy o'zgaruvchini kiritish uchun

$$\hat{y}_{t-1} = d_0 + d_1 x_{t-1} + u_t$$

regressiya tenglamasini tuzamiz. Buning uchun MS Excel jadval muharririning «Данные, Анализ данных, Перпессия» funksiyasidan foydalanamiz. Regressiya parametrlarini aniqlash oynasiga ma'lumotlar mos diapazonini kiritib, regression tahlil natijalarini olamiz:

4.2-jadval

Regression tahlil natijalari

Ko'rsatkichlar	Regressiya tenglamasi ko'effitsiyenti	Koeffitsiyentlarni aniqlashning standart xatoligi	t - statistika	α xatolik ehtimoli	Quyida 95% chegara	95% dan yuqori
Y kesishma	109,49	99,938	1,096	0,302	-116,58	335,57
X_{t-1} o'zgaruvchi	0,677	0,008	87,704	0,000	0,659	0,696

$\hat{y}_{t-1}$ instrumental o'zgaruvchini aniqlovchi tenglama (4.16) quyidagi ko'rinishni oladi.

$$\hat{y}_{t-1} = 109,49 + 0,677x_{t-1} \quad (4.16)$$

Uskunaviy o'zgaruvchi $\hat{y}_{t-1}$ ning hisoblangan qiymati 4.2-jadvalda keltirilgan. MS Excel jadval muharririning «Данные, Анализ данных, Перспекция» funksiyasidan foydalanib quyidagilar topiladi:

Ko'p omilli korrelyatsiya koeffitsiyenti $R = 0,9994$,

Determinatsiya koeffitsiyenti $R^2 = 0,9988$,

$F_{his} = 7692$,

Regressiya tenglamasi ahamiyatlilik darajasi $\alpha = 1,65 \cdot 10^{-14}$.

4.3-jadval

Regression tahlil natijalari

Ko'rsatkich-lar	Regressiya tenglamasi koeffitsiyentlari	Koeffitsiyentlarni aniqlash standart xatoligi	t-statistika	α xatolik ehtimoli	Quyi 95% chegara	95% dan yuqori
Y kesishma	159,38	78,125	2,040	0,072	-17,351	336,113
X_t o'zgaruvchi	0,527	0,068	7,690	0,00003	0,372	0,682
Y_{t-1} o'zgaruvchi	0,269	0,122	2,202	0,055	-0,007	0,546

Regressiya tenglamasi

$$y_t = 159,38 + 0,527x_t + 0,269y_{t-1}. \quad (4.17)$$

2) Regressiya tenglamasi va alohida koeffitsiyentlar ahamiyatlilikini tekshiramiz.

(4.17) tenglama $\alpha=0,05$ uchun ahamiyatli hisoblanadi, chunki uning ahamiyatligi $\alpha = 5,73 \cdot 10^{-15}$ ga teng.

4.3-jadval ma'lumotlaridan topilgan tenglama parametrlarining ahamiyatlilik bo'yicha quyidagi ahamiyatlilik darajalari kelib chiqadi:

- 159,38 parametr uchun $\alpha=0,072$;
- 0,527 parametr uchun $\alpha=0,00003$;
- 0,269 parametr uchun $\alpha=0,055$

Demak $\alpha=0,05$ ahamiyatlilik darajasi bo'yicha 159,38 va 0,269 parametrlar ahamiyatli emas, 0,527 parametr esa ahamiyatli hisoblanadi.

3) Tenglama parametrlari qiymatlarni izohlash.

Qisqa muddatli ko'paytuvchi $b_0 = 0,527$.

Uzoq muddatli ko'paytuvchi $b = \frac{b_0}{1 - c_1} = \frac{0,527}{1 - 0,269} = 0,721$.

Demak, x_t o'zgaruvchining 1 birlikka oshishi y_t shu davr uchun o'rtacha 0,527 birlikka oshadi. y_t ning uzoq muddatli o'zgarishi 0,721 ga teng, ya'ni x_t ni 1 birlikka o'zgarishi har qanday vaqtda y_t ni istiqbolda o'rtacha 0,721 birlikka o'zgarishiga olib keladi.

4) (4.17) tenglama uchun qoldikli avtokorrelyasiya mavjudligini Darbining h -kriteriyasi bo'yicha tekshirish.

$\hat{y}_{t-1}$ ning (4.16) tenglama bo'yicha instrumental o'zgaruvchan qiymatlarini hisoblash natijalari va qoldiqlar 4.4-jadvalda keltirilgan.

d kattalikni hisoblaymiz (4.14)

$$d = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2} = \frac{291446,1}{148972,1} = 1,956.$$

(4.17) da y_{t-1} o'zgaruvchan koeffitsiyentning standart kvadrat xatoligi quyidagicha

$$V = 0,122^2 = 0,015.$$

4.4-jadval

Avtokorrelyasiya qoldiqlarini tekshirish uchun hisoblash natijalari

Kuzatish yillari	t o'zgaruvchining tartib raqami	y_t ning uzatish ma'lumotlari	$\hat{y}_t$ ning hisoblangan qiymati	Qoldiqlar $\varepsilon = \hat{y}_t - y_t$	ε_t^2	$\varepsilon_t - \varepsilon_{t-1}$	$(\varepsilon_t - \varepsilon_{t-1})^2$
1		1016,6	0				
2	1	1435,9	1475,7	39,8	1586,1		
3	2	1776,1	1753,5	-22,6	509,8	-62,4	3894,33
4	3	2003,8	1962,2	-41,6	1727,3	-19,0	360,29
5	4	3265,7	3139,5	-126,2	15935,0	-84,7	7169,60
6	5	4476,9	4788,3	311,4	96970,9	437,6	191524,66
7	6	5886,9	6011,8	124,9	15588,4	-186,5	34800,19
8	7	7443,2	7343,6	-99,6	9910,5	-224,4	50357,51

9	8	9024,8	8952,6	-72,2	5216,4	27,3	746,76
10	9	11401,4	11377,4	-24,0	578,0	48,2	2321,60
11	10	14363,5	14335,3	-28,2	797,9	-4,2	17,69
12	11	17742,6	17730,3	-12,3	151,9	15,9	253,46
					148972,1		291446,10

h -kriteriya qiymatini hisoblaymiz

$$h = \left(1 - \frac{d}{2}\right) \cdot \sqrt{\frac{n}{1-n \cdot V}} = \left(1 - \frac{1,956}{2}\right) \sqrt{\frac{12}{1-12 \cdot 0,015}} = 0,083.$$

$\alpha = 0,05$ ahamiyatlilik darajasida $\alpha/2$ va $1-\alpha/2$ standartlashtirilgan normal taqsimotning $t_{\alpha/2}$ va $t_{1-\alpha/2}$ kvantillar qiymatlari:

$$t_{\alpha/2} = HOPM.CT.OBP(\alpha/2) = HOPM.CT.OBP(0,05/2) = -1,96;$$

$$t_{1-\alpha/2} = HOPM.CT.OBP(1-\alpha/2) = HOPM.CT.OBP(1-0,05/2) = 1,96.$$

Shunday qilib

$$t_{\alpha/2} = -1,96 < h = 0,083 < t_{1-\alpha/2} = 1,96;$$

shart bajarilganligi uchun (4.17) tenglama qoldiqlari uchun avtokorrelyasiya mavjud emas deb hisoblaymiz.

Natijalar

1) Avtoregressiya tenglamasi

$$y_t = 159,38 + 0,527x_t + 0,269y_{t-1}.$$

2) Ahamiyatlilikni tekshirish

$\alpha = 0,05$ ahamiyatlilik darajasi bo'yicha 159,38 va 0,269 parametrlar ahamiyatli emas, 0,527 parametr esa ahamiyatli.

3) Tenglama parametrlari qiymatlarini izohlash.

Qisqa muddatli ko'paytuvchi $b_0 = 0,527$.

Uzoq muddatli ko'paytuvchi $b = 0,721$.

4) (4.17) tenglama uchun qoldiqli avtokorrelyasiya mavjudligini tekshirish

Avtokorrelyasiya mavjud emas.

4.3. Nazorat topshiriqlari

1-topshiriq.

Bank ma'muriyati bir necha yillar davomida jismoniy shaxslarning depozitlari dinamikasini o'rganmoqda (million dollar, solishtirma narxlarda). Dastlabki ma'lumotlar quyida keltirilgan:

Vaqt, yil	1	2	3	4	5	6	7	$\Sigma=28$
Jismoniy shaxslarning depozitlari, x	2	6	7	3	10	12	13	$\Sigma=53$

Quyidagilar ham ma'lum: $\sum x^2 = 511$.

Topish kerak.

1. Chiziqli trend tenglamasini yarating va uning parametrlarini sharhlang.
2. Chiziqli trend uchun determinatsiya koeffitsiyentini aniqlang.
3. Bank ma'muriyati jismoniy shaxslarning depozitlarining o'rtacha yillik absolyut o'sishi kamida 2,5 million dollar ekanligini ko'rsatadi. Bu taxmin olingan natijalar bilan tasdiqlanganmi?

2-topshiriq.

Mintaqada go'sht iste'moli dinamikasi o'rganilmoqda. Buning uchun 7 oy davomida y (kg) - go'shtining aholi jon boshiga iste'mol qilish hajmi haqida ma'lumot to'plandi. Logarifmlash orqali ma'lumotlarni oldindan qayta ishlash quyidagi natijalarga olib keldi:

Oylar	1	2	3	4	5	6	7
$\ln y_t$	2,10	2,11	2,13	2,17	2,22	2,28	2,31

Topish kerak.

1. Eksponensial trend tenglamasini toping.
2. Uning parametrlarini talqin qiling.

3-topshiriq.

Viloyat fermer xo'jaliklarida kuzgi bug'doy hosildorligi to'g'risida ma'lumotlar berilgan:

Yil	Kuzgi bug'doy hosildorligi, s/ga
1	50,2
2	50,7
3	51,7
4	53,1
5	54,9
6	57,2
7	60,0
8	63,2

Topish kerak.

1. Trend tenglamasining turini tanlashni tushuntiring.
2. Trend tenglama parametrlarini hisoblang.
3. Kelgusi yil uchun don ekinlari uchun prognoz bering.

4-topshiriq.

8 oy davomidagi ishsizlik darajasi y_i (%) bo'yicha quyidagi ma'lumotlar berilgan.

Oy	1	2	3	4	5	6	7	8
y_t	8,8	8,6	8,4	8,1	7,9	7,6	7,4	7,0

Topish kerak.

1. Ushbu qatorning birinchi va ikkinchi darajali avtokorrelyasiya koeffitsiyentini aniqlang.
2. Trend tenglamasini tanlashni tushuntiring va uning parametrlarini aniqlang.
3. Olingan natijalarni izohlang.

5-topshiriq.

Quyidagi vaqtli qator berilgan.

t	1	2	3	4	5	6	7	8
x_t	20	...	...	...	...	...	...	10

Bundan tashqari, quyidagilar ma'lum :

$$\sum x_t = 150, \sum x_t^2 = 8100, \sum_{t=2}^n x_t x_{t-1} = 7350.$$

Topish kerak.

1. Ushbu qatorning birinchi darajali avtokorrelyasiya koeffitsiyentini aniqlang.
2. O'rganilayotgan vaqtli qator tendensiyasini o'z ichiga olish yoki olmasligini aniqlang.

6-topshiriq.

2009-2017 yillar uchun O'zbekistonning eksport, import, tashqi savdo aylanmasi 4.5-jadvalda keltirilgan ma'lumotlar bilan tavsiflanadi.

4.5-jadval

Yil	O'zbekiston, mln. dollar		
	Eksport	Import	Tashqi savdo aylanmasi
2009	11771,3	9438,3	21209,6
2010	13023,4	9175,8	22199,2
2011	15021,3	11344,6	26365,9
2012	13599,6	12816,5	26416,1
2013	14322,7	13946,9	28269,6
2014	13545,7	13984,3	27530,0
2015	12507,6	12416,6	24924,2
2016	12094,6	12137,6	24232,2
2017	12553,7	14012,4	26566,1

Topish kerak.

1. Berilgan qator uchun dinamika jadvalini tuzing.
2. Turli shakllardagi trend parametrlarini hisoblang.
3. Trendning sifatini o'rtacha aproksimatsiya xatoligi, chiziqli avtokorrelyatsion koeffitsiyenti orqali baholang.
4. F -mezonlari orqali trendning statistik ahamiyatini, t -mezonlari orqali trend parametrlarining ahamiyatliligini baholang.
5. Eng yaxshi trend shaklini tanlang va 2018 yil uchun aniq prognozni bajaring.
6. Prognoz xatoligini baholang va 0,05 muhimlik darajasi uchun prognozning ishonch oralig'ini yarating.

7-topshiriq.

2000-2018 yillarda O'zbekistonning chakana savdo tovar aylanmasi bo'yicha ma'lumotlar mavjud (4.6-jadval).

4.6-jadval

Yillar	Tovar aylanmasi, avvalgi davrga nisbatan %	Yillar	Tovar aylanmasi, avvalgi davrga nisbatan %
2000	107,6	2010	113,6
2001	109,6	2011	117,1
2002	102,1	2012	113,9
2003	104,2	2013	113,3
2004	105,2	2014	113,3
2005	105,1	2015	115,3
2006	114,7	2016	114,4
2007	115,5	2017	101,9
2008	118,4	2018	106,5
2009	119,3		

Topish kerak.

- 1.Vaqt qatori jadvalini tuzing.
- 2.Vaqt qatorining multiplikativ modelini tuzing.
- 3.Modelning sifatini o'rtacha mutlaq xato va o'rtacha nisbiy og'ish ko'rsatkichlari orqali baholang.

8-topshiriq.

2016-2018 yillar uchun O'zbekistonning (ming dollar) eksport hajmi bo'yicha ma'lumotlar berilgan. (4.7-jadval)

4.7-jadval

Oylar raqami	Eksport, ming doll., 2016-2018 yy.	Oylar raqami	Eksport, ming doll., 2016-2018 yy.
1	364 046,7	19	4 776 117,7
2	778 873,2	20	5 374 138,8
3	1 767 391,8	21	7 687 540,3
4	2 274 225,4	22	8 324 246,8
5	2 779 900,9	23	9 062 791,8
6	3 699 759,9	24	10 391 573,4
7	4 141 456,1	25	1 245 503,1
8	4 600 178,8	26	2 306 864,5
9	5 923 589,5	27	2 977 609,6
10	6 522 808,9	28	3 830 240,3
11	7 089 711,5	29	4 545 685,9
12	8 974 004,5	30	5 392 887,8
13	379 870,4	31	5 939 790,5
14	803 740,1	32	6 597 072,4
15	1 779 365,4	33	7 212 324,1
16	2 316 634,1	34	7 825 311,0
17	2 881 056,2	35	8 562 697,8
18	4 282 548,8	36	11 224 001,3

Topish kerak

1. Vaqt qatori jadvalini tuzing.
2. Vaqt qatorining additiv va multiplikativ modellarini tuzing.
3. Har bir modelning sifatini o'rtacha absolyut xato va o'rtacha nisbiy chetlanish ko'rsatkichlari orqali baholang. Eng yaxshi modelni tanlang.

9-topshiriq.

2014-2018 yillar uchun choraklik ma'lumotlarga asoslangan ABC (milliard so'm) kompaniyasining savdo hajmini prognoz qilish uchun savdo hajmi vaqt qatorining additiv modeli tuzilgan. Modellashtiriluvchi trend komponentining dinamikasini tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega: $T=100+2t$ (o'lchov vaqtini modellashtirish uchun trendni qurishda 1 dan boshlab natural sonlar ishlatilgan). Qo'shimcha modelni yaratish jarayonida olingan 2017 yil uchun ko'rsatkichlar 4.8-jadvalda keltirilgan.

4.8-jadval

Yil vaqti	2017 yilda haqiqiy savdo hajmi	Additiv modeldan olingan komponenta		
		trend	mavsumiy	tasodifiy
Qish	100			+4
Bahor			10	+5
Yoz	150		25	
Kuz				

Topish kerak.

2017 yil uchun ABC kompaniyasining savdo hajmi 490 million so'm bo'lganligini hisobga olib, jadvaldagi etishmayotgan ma'lumotlarni aniqlang.

10-topshiriq.

AQSh da 1990-1994 yillarda yangi xususiy uy-joy qurish uchun ruxsatnomalar bo'yicha ma'lumotlar 1987 yil darajasi bo'yicha foizda berilgan, (4.9-jadval).

4.9-jadval

Месяц	1990г.	1991г	1992г	1993г	1994г
Yanvar	72,9	61,4	71,2	78,3	86,4
Febral	113,4	51,0	69,9	76,4	87,5
Mart	86,2	55,3	74,3	74,5	80,2
Aprel	80,8	59,1	70,2	68,5	84,3

May	73,7	59,5	68,4	71,6	86,8
Iyun	69,2	64,3	68,5	72,1	86,9
Iyul	71,9	62,5	68,6	73,3	85,2
Avgust	69,9	63,1	70,6	76,2	85,0
Sentabr	69,4	61,2	69,7	79,8	87,5
Oktabr	63,3	63,2	72,3	81,2	90,2
Noyabr	60,0	64,3	73,5	83,5	88,4
Dekabr	61,0	63,9	72,5	88,0	85,7

Topish kerak.

1. Trend va mavsumiy komponentlarni hisoblang.
2. Ushbu ketma-ketlikning additiv modelini yarating.
3. Xususiy yangi uy-joy qurish uchun ruxsatnomalar soni vaqtli qatorning avtokorrelyatsion funksiyasini quring. Ushbu qatorning tuzilishini tavsiflang.

11-topshiriq.

4.10-jadvalda 1987 ning solishtirma bahosida qayta ishlash sanoati va savdosida sotish hajmi haqida ma'lumot berilgan, mlyard doll.

4.10-jadval

Oylar	1990r.	1991r	1992r	1993r	1994r
Yanvar	472,5	477,9	510,9	541,0	578,2
Febral	482,1	467,5	484,7	512,3	539,4
Mart	489,5	4701,9	486,6	512,6	545,3
April	493,6	469,1	488,4	511,5	551,9
May	488,0	478,1	489,5	511,9	549,7
Iyun	490,6	480,6	486,6	513,9	550,1
Iyul	492,5	479,3	491,8	520,0	554,0
Avgust	488,1	484,2	495,2	515,9	550,0
Sentabr	493,1	484,9	491,8	524,2	565,6
Oktabr	484,5	485,6	496,1	527,1	564,7
Noyabr	483,0	486,1	498,8	529,8	566,9
Dekabr	476,9	484,7	501,5	534,9	572,7

Topish kerak.

1. Trend va mavsumiy komponentlarni hisoblang
2. Ushbu ketma-ketlikning multiplikativ modelini yarating.

3.Qayta ishlash sanoati va savdo-sotiqdagi savdo-sotiqqlar avtoregression funksiyasini quring. Ushbu qatorning tuzilishini tavsiflang.

12-topshiriq.

Mintaqada elektr energiyasi iste'moli bo'yicha oylik ma'lumotlarga (million kVt soat) asoslangan holda, so'nggi 3 yil ichida vaqtli seriyali qatorning additive modeli qurildi. Tegishli oylar uchun mavsumiylik komponentalarning tuzatilgan qiymatlari quyida keltirilgan:

Yanvar	+25	May	-32	Sentabr	+2
Febrl	+10	Iyun	-38	Oktabr	+15
Mart	+6	Iyul	-25	Noyabr	+27
Aprel	-4	Avgust	-18	Dekabr	?

Trend tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$T = 300 + 1,5 \cdot t$$

(o'zgaruvchan vaqtni modellashtirish uchun trend parametrlarini hisoblashda natural sonlar $t=1:36$ ishlatilgan).

Topish kerak.

1. Dekabr oyi uchun mavsumiy komponentning qiymatini aniqlang.
2. Qurilgan modelga asoslanib, kelgusi yilning birinchi choragida kutilgan elektr energiyasini iste'mol qilishning aniq prognozini bering.

13-topshiriq.

O'tgan 5 yil mobaynida yozgi kurort shaharchasida ishsizlik darajasi (iqtisodiy faol aholi sonining, %) bo'yicha choraklik ma'lumotlarga asoslanib, vaqt qatorining multiplikativ modeli qurildi. Har chorakda mavsumiy komponentning belgilangan qiymatlari quyida keltirilgan:

I chorak	1,4	III chorak	0,7
II chorak	0,8	IV chorak	-

Trend tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$T = 9,2 - 0,3 \cdot t$$

(choraklarni raqamlash uchun trend parametrlarini hisoblashda natural sonlar $t=1:20$ ishlatilgan).

Topish kerak.

1. Mavsumiy komponentning qiymatini aniqlang IV chorak.
2. Qurilgan modelga asoslanib, kelgusi yilning I va II choragida ishsizlik darajasining aniq prognozlarini bering.

14-topshiriq.

Kelgusi davrlar uchun mamlakat eksport hajmini prognoz qilish maqsadida 30 yil davomida quyidagi ko'rsatkichlar bo'yicha ma'lumotlar to'plandi: y_t - eksport hajmi (mlrd., solishtirma narxlarda); x_t - sanoat ishlab chiqarishining jismoniy hajmi indeksi (o'tgan yilga nisbatan% da). Quyida dastlabki ma'lumotlarni oldindan qayta ishlash natijalari keltirilgan.

1. Chiziqli trend tenglamalari:

a) Y_t qator uchun

$$Y_t = 3,1 + 1,35_t + \varepsilon_t \quad R^2 = 0,91 \quad d = 2,31;$$

b) X_t qator uchun

$$X_t = -8,4 + 4,8_t + \varepsilon_t \quad R^2 = 0,89 \quad d = 2,08.$$

2. Vaqt qatorlari uchun regressiya tenglamasi:

$$X_t = -10,5 + 0,5X_t + \varepsilon_t \quad R^2 = 0,95 \quad d = 2,21.$$

3. Vaqtli qator darajalarining dastlabki farqlari bo'yicha regressiya tenglamasi:

$$\Delta Y_t = 1,4 + 0,03\Delta X_t + \varepsilon_t \quad R^2 = 0,86 \quad d = 2,25$$

4. Vaqtli qatori darajalarining ikkinchi farqlari bo'yicha regressiya tenglamasi:

$$\Delta^2 Y_t = 0,7 + 0,012\Delta^2 X_t + \varepsilon_t \quad R^2 = 0,47 \quad d = 2,69$$

5. Vaqt faktorini o'z ichiga olgan vaqt qatorining regressiya tenglamasi:

$$Y_t = 4,23 + 0,24X_t + 0,78t + \varepsilon_t \quad R^2 = 0,97 \quad d = 0,9$$

Topish kerak.

1. Har bir qatorda birinchi darajali avtokorrelyatsiya koeffitsiyentining kattaligi bo'yicha taxminlaringizni shakllantiring. Javobni tushuntiring.
2. Eksport hajmini taxmin qilish uchun ishlatilishi mumkin bo'lgan eng yaxshi regressiya tenglamasini tanlang va uning parametrlarini sharhlang.

3. So‘nggi uch yil ichidagi ma’lumotlar berilgan bo‘lsin (4.11- jadval).

4.11- jadval

Yil (<i>t</i> davr raqami)	28	29	30	31
y_t	38	742	43	???
x_t	120	126	121	124

2-bandda siz tanlagan tenglamadan foydalanib, kelgusi yil uchun kutilgan qiymatni aniq prognoz qiling. (31 davr).

15-topshiriq.

Yoqilg‘i sotish hajmi (y_t) ning iste’mol bahosi (x_t) ga bog‘liq dinamikasi o‘rganilmoqda. Oxirgi 6 chorakda olingan ma’lumotlar 4.12-jadvalda keltirilgan.

4.12-jadval

Ko‘rsatkich	1 KB	2 KB	3 KB	4 KB	5 KB	6 KB
Iste’mol narxlari indeksi, 1 chorakka nisbatan %	100	104	112	117	121	126
Chorak uchun o‘rtacha kunlik benzin sotish, ming l	89	83	80	77	75	72

Quyidagilar ma’lum $\sum x_t = 680, \sum y_t = 476, \sum x_t y_t = 53648, \sum x_t^2 = 77566$.

Topish kerak.

1. Vaqt omilini o‘z ichiga olgan holda, benzin sotish hajmiga iste’molchi narxlari indeksiga bog‘liqlik modelini yaratish.
2. Siz olgan modelning parametrlarini talqin qiling.

16-topshiriq.

2009-2017 yillar uchun *A* tovarlari va aholi daromadlari (ming so‘m) yillik iste’moli 4.13-jadvalda keltirilgan.

4.13-jadval

Ko‘rsatkich	2009 y.	2010 y.	2011 y.	2012 y.	2013 y.	2014 y.	2015 y.	2016 y.	2017 y.
Iste’mol	46	50	54	59	62	67	75	86	100
Daromad	53	57	64	70	73	82	95	110	127

Topish kerak

1. Agar $\sum Y = 599$, $\sum X = 731$, $\sum YX = 52179$, $\sum X^2 = 64361$, $\sum Y^2 = 42367$ ma'lum bo'lsa, regressiya tenglamasini aniqlang, unda vaqt omilini qo'shing.
2. Olingan natijalarni tushuntiring.

17-topshiriq.

4.14-jadvalda o'tgan to'qqiz yil davomida solishtirma narxlarda oddiy aksiyalar (foiz) va kompaniya asosiy fondlarining o'rtacha yillik qiymati (X , million so'm) bo'yicha to'langan dividendlar darajasi to'g'risidagi ma'lumotlar berilgan.

4.14-jadval

Ko'rsatkich	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Asosiy vositalarning o'rtacha yillik qiymati	75	72	77	77	79	80	78	79	80
Oddiy aksiyalar bo'yicha dividendlar	4,2	3,0	2,4	2,0	1,9	1,7	1,8	1,6	1,7

Topish kerak.

1. Regressiya tenglamasining parametrlarini birinchi farq bilan aniqlang va ularni sharhlang. Bog'liq o'zgaruvchi sifatida oddiy aksiyalar bo'yicha dividendlar indeksidan foydalaning.
2. Regressiya tenglamasini qatorning dastlabki darajalariga emas, balki birinchi farqqa asoslanib qurilishini sababi nima?

18-topshiriq.

4.15-jadvalda 2013-2018 yillarda aholining iste'mol va shaxsiy daromadlari to'g'risidagi ma'lumotlar keltirilgan.

4.15-jadval

Ko'rsatkich	2013 y.	2014 y.	2015 y.	2016 y.	2017 y.	2018 y.
Iste'mol qilish, ming so'm	3010	3250	4250	4400	5350	6370
Shaxsiy daromad, ming so'm	3142	3601	4805	5504	6228	7300

Topish kerak.

1. Birinchi ayirmalar usuli yordamida chiziqli regressiya tenglamasini yarating.

2. Birinchi ayirmalar bo'yicha, ularning darajalari bo'yicha qatorlar o'rtasidagi yaqin aloqani tavsiflang. Xulosa chiqaring.

19-topshiriq.

30 yil ma'lumotlariga ko'ra, kompaniya mahsulotlarining rentabelligi (%) qo'l mehnati bilan bandlik x_t (odam) soniga bog'liqligi o'rganilmoqda. Regressiya tenglamalarining quyidagi variantlari olingan:

a) vaqt qatorlari darajasi bo'yicha:

$$\hat{Y}_t = 2 + 0,5X_t + \varepsilon_t, \quad R^2 = 0,9025, \quad d = 0,8;$$

b) darajalarning birinchi ayirmalar bo'yicha:

$$\Delta \hat{Y}_t = 3 + 0,10\Delta X_t + \varepsilon_t, \quad R^2 = 0,49, \quad d = 1,2;$$

d) darajalarning ikkinchi ayirmalar bo'yicha:

$$\Delta^2 \hat{Y}_t = 15 - 0,062\Delta^2 X_t + \varepsilon_t, \quad R^2 = 0,7225, \quad d = 2,1;$$

e) vaqt omilini o'z ichiga olgan qatorlar darajasida bo'yicha:

$$\hat{Y}_t = -7 - 0,02X_t + 0,3 \cdot t + \varepsilon_t, \quad R^2 = 0,95, \quad d = 2,2;$$

$$t_\phi = -(3,1) \quad (3,7)$$

4.16-jadvalda birinchi darajali avtokorrelyasiya koeffitsiyentlari berilgan.

4.16-jadval

Qator	Qator darajalarda	Qator darajadagi birinchi farq	Qator darajadagi ikkinchi farq
x_t	0,99	0,80	0,05
y_t	0,86	0,86	0,10

Topish kerak.

1. Vaqt oralig'idagi darajalar bo'yicha korrelyasiya koeffitsiyentlarini, vaqt oralig'idagi birinchi farqlar va vaqt oralig'idagi ikkinchi farqni aniqlang. Mahsulotlarning rentabelligi va qo'l mehnati bilan band bo'lganlar soni o'rtasidagi aloqaning yaqinligini tavsiflang. Tanlovingizni bog'liqlik zichligi o'lchovlaridan qoldiqli avtokorrelyasiyani asoslang.

2. Qoldiqliq avtokorrelassiyada olingan regressiya tenglamalarini tekshiring.

3. Eng yaxshi regressiya tenglamasini tanlang va uning parametrlarini izohlang.

20-topshiriq.

Viloyat sanoat korxonalaridan birida mehnat unumdorligi va mehnatning elektr asboblari bilan qurollanganlik to'g'risidagi 10 yillik ma'lumotlar berilgan (2009-2018 yy). (4.17-jadval).

4.17-jadval

Ko'rsatkich	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1 ishchi uchun o'rtacha yillik mahsulot ishlab chiqarish, shatli birlik, y	28,7	31,7	31,7	32,6	33,9	31,2	33,3	42,6	46,0	49,9
Elektr asboblari bilan qurollanganlik, kVt- soat/kishi soat, x	3,33	3,39	3,50	3,63	3,81	3,84	3,88	4,07	4,12	4,17

Analitik tahlil natijalari har bir qator uchun quyidagi trend tenglamalariga olib keldi:

a) vaqtinchalik mehnat unumdorligi uchun:

$$\hat{y}_t = 33,19 + 1,04t + 0,09t^2 \quad (t = -9, -7, -5, -3, -1, 1, 3, 5, 7, 9);$$

b) elektr asboblari bilan qurollanganlikning vaqtinchalik qatori uchun:

$$\hat{x}_t = 3,774 + 0,049t \quad (t = -9, -7, -5, -3, -1, 1, 3, 5, 7, 9).$$

Topish kerak.

1. Vaqtli qatorlar orasidagi korrelyasiya koeffitsiyentlarini bevosita dastlabki darajalar, elektr energiyasi uchun birinchi farqlar va mehnat unumdorligi uchun ikkinchi farq, asosiy tendentsiyadan chetga chiqish orqali aniqlang.
2. Olingan natijalardagi farqlarni tushuntiring.
3. Har bir vaqtli qatorda avtokorrelyasiya koeffitsiyentini hisoblang.

21-topshiriq.

O'tgan 20 yil davomida kompaniya x (ming dollar) foyda va oddiy aksiyalar y (%) dividendlari darajasi o'rtasidagi bog'liqlik o'rganilib quyidagi ma'lumotlar olindi:

1) Qatorning analitik tahlili natijalari:

Ikkinchi darajali parabola shaklidagi trend

a) Y_t qator uchun: $\hat{Y}_t = 0,8 + 0,3t - 0,05t^2$, ($R^2 = 0,95$);

b) X_t qator uchun: $\hat{Y}_t = 3 - 0,65t - 0,01t^2$, ($R^2 = 0,85$);

Chiziqli trendlar

a) Y_t qator uchun: $\hat{Y}_t = 2 + 0,05t$, ($R^2 = 0,38$);

b) X_t qator uchun: $\hat{Y}_t = 0,65 + 0,8t$, ($R^2 = 0,24$);

(R^2 - determinatsiya koeffitsiyenti)

2) Korrelyatsiya koeffitsiyentlari:

Qatorlarning dastlabki darajalariga ko'ra - 0,98;

Ikkinchi darajali parabola shaklidagi trendlardan chetlanishi bo'yicha - 0,78;

Chiziqli trendlardan chetlanishi bo'yicha - 0,45;

Birinchii farqlar bo'yicha - 0,42;

Ikkinchi farqlar bo'yicha - 0,84.

Topish kerak.

1. O'rganilayotgan vaqtli qatorlar orasida o'zaro bog'liqlik mavjudmi? Agar mavjud bo'lsa, uning miqdoriy xususiyatlarini ko'rsating. Javobni tushuntiring.

2. Qabul qilingan chora-tadbirlar o'rtasidagi farqlarning sabablarini tushuntiring.

22-topshiriq.

Savdo firmasining ma'muriyati savdo hajmi va kompaniyaning xodimlari o'rtasida ayollar soning salmog'i o'rtasidagi munosabatlar mavjudmi, degan savolga qiziqmoqda. Buning uchun so'nggi o'n yil ichida ma'lumotlar to'plandi (4.18-jadval).

4.18-jadval

Ko'rsatkich	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Savdo hajmi, ming dollar, y_t	378	385	393	403	414	428	444	462	481
Kompaniya xodimlari bo'yicha ayollarning soni, %, x_t	25	24	27	30	31	29	31	33	34

Quyidagi ma'lumotlar ma'lum: $\sum y_t = 3788$, $\sum y_t^2 = 1604488$,
 $\sum x_t = 264$, $\sum x_t^2 = 78388$, $\sum x_t y_t = 112001$.

Har bir qator uchun trend tenglamasi tuzildi.

a) x_t qator uchun

$$\hat{x}_t = 23,5 + 1,17 \cdot t;$$

b) y_t qator uchun

$$\hat{y}_t = 374,14 + 3,33t + 0,95t^2.$$

Topish kerak.

1. Vaqt qatorlari orasidagi korrelyatsiya koeffitsiyentlarini ularning darajalariga qarab aniqlang.
2. Yuqorida sanab o'tilgan chiziqli va parabolik trendlardan bo'yicha o'rganilgan qatorlar o'rtasidagi korrelyatsiya koeffitsiyentlarini aniqlang.
3. 1 va 2 topshiriqlarda olingan o'lchovlardan birini tanlab, savdo hajmi va kompaniya hodimlari bo'yicha ayollarning ulushining bog'liqlik zichligini ifodlang. Javobingizni asoslang.

23-topshiriq.

O'zbekiston Respublikasi eksporti va importi haqida 2006-2017 yillardagi ma'lumotlar berilgan, million AQSh dollarida (4.19-jadval).

4.19-jadval

Yil	Eksport	Import	Yil	Eksport	Import
2006	301244	137807	2012	524735	317263
2007	351928	199753	2013	525976	315298
2008	467581	267101	2014	497359	287063
2009	301667	167348	2015	343512	182902
2010	397068	228912	2016	285652	182448
2011	516718	305760	2017	357767	227464

Topish kerak.

1. O'zbekiston Respublikasi eksporti va importining bir vaqtning o'zida harakatlanish jadvalini tuzing
2. Har bir qator uchun trend yarating va ulardan eng yaxshisini tanlang.
3. Regressiya tenglamasini tuzing va ikki qatorning bog'liqlik zichligi va kuchini baholang (trenddan ajralib chiqish va vaqt omilini o'z ichiga olgan ko'p omilli regression model).
4. Bir qator darajadagi prognozni uning boshqa qator darajalari bilan bog'liqligidan kelib chiqib baholang.
5. Qator darajalarining prognoz qilingan qiymatlari va ishonchlilik oraliqlarini grafikka kirgizing.

24-topshiriq.

4.20-jadvalda regressiya qoldiqlari ko'rsatilgan.

4.20-jadval

Yil	Qoldiq	Yil	Qoldiq	Yil	Qoldiq
2006	-0,7	2010	0	2014	0,0
2007	0	2011	0,3	2015	0,3
2008	-0,2	2012	-0,1	2016	0,3
2009	0,9	2013	-0,1	2017	-0,1

Topish kerak.

1. Qoldiqlar avtokorrelyasiyasini baholang.
2. Darbin-Uotson mezonini qo'llang va ushbu regressiyaga oid xulosalar chiqaring.

25-topshiriq.

Ish haqi dinamikasini tasvirlaydigan quyidagi regressiya modellarini ko'rib chiqing:

A model
$$W_t = 8,56 + 0,36P_t + 0,74P_{t-1} + 0,24P_{t-2} - 2,53U_t + \varepsilon_t$$

(t_{ssl}) (2,3) (3,7) (2,8) (-4,1)

B model
$$W_t = 9,01 + 0,32P_t - 2,70U_t + 0,2W_{t-1} + \varepsilon_t$$

(t_{ssl}) (3,5) (4,7) (2,7)

$$R^2 = 0,9, \quad d = 1,7;$$

Bu yerda, W_t - t yilda o'rtacha ish haqi;

P_t - t yilda narxlar indeksi (asosiy davrga nisbatan foizda);

U_t - t yilda ishsizlik darajasi.

Dastlabki ma'lumotlar w_t, P_t va Un_t bo'yicha 30 yil davomida to'plangan (tahminiy ma'lumotlari).

Topish kerak.

1. A modelidan foydalanib, narx o'zgarishi va o'rtacha ish haqi darajasi o'rtasidagi aloqaning kuchini tavsiflang.
2. B modelidan foydalanib, narx o'zgarishi va o'rtacha ish haqi darajasi o'rtasidagi aloqaning kuchini tavsiflang.
3. A va B modellar bo'yicha qoldiqlari avtokorrelyasiya haqida nima deya olasiz? Javobni tushuntiring.
4. Ikki modelning qaysi biri yaxshiroq? Javobni tushuntiring.

26-topshiriq.

4.21-jadvalda 1960-1990 yillar uchun AQSh iqtisodiyoti bo'yicha X - mehnat unumdorligi darajasi (1982 yil darajasi bo'yicha o'rtavha 1 soatda mahsulot ishlab chiqarish, %) va AQSh iqtisodiyotida Y - o'rtacha soatlik ish haqi (1982 yil solishtirma narxlarida) ma'lumotlar berilgan.

4.21-jadval

Yil	X	Y	Yil	X	Y	Yil	X	Y
1960	65,6	6,79	1970	87,0	8,03	1980	98,6	7,78
1961	68,1	6,88	1971	90,2	8,21	1981	99,9	7,69
1962	70,4	7,07	1972	92,6	8,53	1982	100,0	7,68
1963	73,3	7,17	1973	95,0	8,55	1983	102,2	7,79
1964	76,5	7,33	1974	93,3	8,28	1984	104,6	7,80
1965	78,6	7,52	1975	95,5	8,12	1985	106,1	7,77
1966	81,0	7,62	1976	98,3	8,24	1986	108,3	7,81
1967	83,0	7,72	1977	99,8	8,36	1987	109,4	7,73
1968	85,4	7,89	1978	100,4	8,40	1988	110,4	7,69
1969	85,9	7,98	1979	99,3	8,17	1989	109,5	7,64
						1990	109,7	7,53

Topish kerak.

1. 2, 3 va 4 lag qiymatiga ega bo'lgan ish haqining mehnat unumdorligiga bog'liqligini tavsiflovchi taqsimlangan lag bilan modelning an'anaviy EKK usuli bilan parametrlarini baholang. Olingan natijalarni tahlil qiling.
2. Lag polinomal strukturasini taxmin qilishda 3 va 4 lag qiymatida bir xil modelning parametrlarini baholang (lag tuzilishini tavsiflovchi

funksiya sifatida ikkinchi darajali polinni tanlang). Ularni 1-topshiriq natijasi bilan solishtiring. Xulosa chiqarish.

27-topshiriq.

2017-2018 yillarda viloyatning chakana savdo aylanmasi va iste'mol narxlari dinamikasi to'g'risidagi ma'lumotlar berilgan.

4.22-jadval

Oylar	Chakana savdo aylanmasi, oldingi oyga nisbatan %	Iste'mol narxlari indeksi, oldingi oyga nisbatan %
Yanvar	70,8	101,7
Febral	98,7	101,1
Mart	97,9	100,4
Aprel	99,6	100,1
May	96,1	100,0
Iyun	102,4	100,1
Iyul	77,6	100,0
Avgust	102,9	105,8
Sentabr	77,6	145,0
Oktabr	102,3	99,8
Noyabr	102,9	102,7
Dekabr	123,1	109,4
Yanvar	74,3	110,0
Febral	92,9	106,4
Mart	106,0	103,2
Aprel	99,8	103,2
May	105,2	102,9
Iyun	99,7	100,8
Iyul	99,7	101,6
Avgust	107,9	101,5
Sentabr	98,8	101,4
Oktabr	104,6	101,7
Noyabr	106,4	101,7
Dekabr	122,7	101,2

Topish kerak.

1. Har bir vaqt qatorining avtokorrelyatsion funksiyasini tuzing. Qatorlarning tuzilishini tavsiflang.

2. Almon usuli yordamida model parametrlarini taqsimlangan lag bilan baholang. Lag uzunligi 4 dan oshmasligi kerak, taxminan polinomning darajasi 3 dan oshmasligi kerak. Qurilgan modelning sifatini baholang.
3. Koyka usulidan foydalanib, tarqatilgan kechikish bilan model parametrlarini baholang. Lag uzunligi 4 dan ortiq emas.
4. 2- va 3-topshiriq natijalarni solishtiring.

28-topshiriq.

2007-2010 yillarda kichik biznes tomonidan pullik xizmatlar hajmi dinamikasi 4.23- jadvalda keltirilgan ma'lumotlar bilan tavsiflanadi.

4.23- jadval

Chorak	Pullik xizmatlar hajmi, mlrd. so'm	Chorak	Pullik xizmatlar hajmi, mlrd. so'm
1	186,7	9	453,7
2	282,6	10	675
3	335,4	11	841,1
4	427,4	12	1097,8
5	258,8	13	614,5
6	222,1	14	821,7
7	480,9	15	919,9
8	1052,3	16	1420,2

Topish kerak.

1. Vaqt qatorining avtokorrelyatsion funksiyasini tuzing.
2. Ushbu qatorning tuzilishini tavsiflang

29-topshiriq.

2007-2018 yillar uchun mahsulot ishlab chiqarish dinamikasi 4.24-jadvalda berilgan.

4.24-jadval

Yil	Mahsulot ishlab chiqarish, birlik	Yil	Mahsulot ishlab chiqarish, birlik	Yil	Mahsulot ishlab chiqarish, birlik
2007	25	2011	30	2015	40
2008	27	2012	35	2016	42
2009	30	2013	33	2017	45
2010	29	2014	40	2018	44
Σ	111		138		171

Topish kerak.

1. 2 yillik lag bilan avtoregressiya tenglamasini yarating.
 2. Qoldiqlar avtokorrelyasiyasini aniqlang va xulosalar chiqarish.
- Hisob-kitoblarda quyidagi ma'lumotlardan foydalaning:

$$\sum y_t y_{t-2} = 12486, \quad \sum y_{t-2}^2 = 11273.$$

30-topshiriq.

Chorakda A tovar narxlarining dinamikasi quyidagi ma'lumotlar bilan tavsiflanadi:

t	1	2	3	4	5	...	20	21	22	23	24
y_t	2	3	3	6	4	...	15	12	13	13	14

Vaqtli qator darajasini avtokorrelyasiya koeffitsiyentlari olingan:

$$r_1 = 0,87025;$$

$$r_2 = 0,76579;$$

$$r_3 = 0,79343;$$

$$r_4 = 0,82278;$$

$$r_5 = 0,77790;$$

$$r_6 = 0,67833;$$

$r_i - i$ - darajali avtokorrelyasiya koeffitsiyentlari.

Topish kerak.

1. Birinchi darajali avtoregressiya uchun ikkita eng yaxshi tenglamasini tuzing. Olingan tenglamalarning ahamiyatini baholang.
2. Ikkinchi darajali avtoregressiya tenglamasini tuzing. Regressiya parametrlarini baholash uchun EKK usulidan foydalaning.
3. Ikkinchi darajali avtoregressiya tenglamasiga ko'ra 25-chorak uchun y_t prognoz yarating.

Hisob-kitoblarda quyidagi ma'lumotlardan foydalaning:

$$n = 24, \quad \sum y_t = 186, \quad \sum y_t^2 = 1794;$$

$$\text{lag bilan } (t-4) \quad n = 20, \quad \sum y_t y_{t-1} = 1617, \quad \sum y_t y_{t-4} = 1359,$$

$$\sum y_{t-1} y_{t-4} = 1271, \quad \sum y_{t-1}^2 = 1576, \quad \sum y_{t-4}^2 = 1116.$$

31-36 topshiriqlarda toppish kerak bo'lgan vazifalar.

1. Turli xil tartibdagi avtokorrelyasiya koeffitsiyentlarini toping va lag qiymatini tanlang.
2. Avtoregressiya funksiyasini quring
3. Uch yil uchun prognoz qiymatlarini hisoblang.

31-topshiriq.

4.25-jadvalda Braziliya kakao-donlari o'rtacha yillik narxlar darajasi haqida ma'lumot berilgan (bir funt uchun AQSh sentida)

4.25-jadval

Yil	Narx	Yil	Narx	Yil	Narx	Yil	Narx
1970	29,4	1977	183,5	1984	105,3	1991	47,5
1971	23,5	1978	153,5	1985	94,9	1992	45,0
1972	26,2	1979	140,7	1986	92,0	1993	44,5
1973	48,5	1980	107,1	1987	83,9	1994	55,9
1974	73,4	1981	87,5	1988	72,7	1995	60,5
1975	56,6	1982	68,3	1989	56,9	1996	64,1
1976	77,0	1983	83,1	1990	49,1	1997	71,0

32-topshiriq.

4.26-jadvalda Bangkok bozorlarida Tailanddan keltirilgan guruch uchun o'rtacha yillik narx darajasi haqida ma'lumot berilgan (metrik tonna uchun amer. dollarida).

4.26-jadval

Yil	Narx	Yil	Narx	Yil	Narx	Yil	Narx
1970	143	1977	272	1984	250	1991	287
1971	130	1978	369	1985	217	1992	291
1972	150	1979	334	1986	210	1993	237
1973	296	1980	434	1987	229	1994	269
1974	542	1981	483	1988	302	1995	321
1975	363	1982	293	1989	320	1996	338
1976	254	1983	277	1990	270	1997	303

33-topshiriq.

4.27-jadvalda Nyu-York bozorlarida AQShdan keltirilgan o'rtacha yillik mol go'shti narxi haqida ma'lumot berilgan (1 funt uchun amer. sentida).

4.27-jadval

Yil	Narx	Yil	Narx	Yil	Narx	Yil	Narx
1970	41	1977	81	1984	97	1991	90
1971	42	1978	71	1985	89	1992	90
1972	49	1979	92	1986	77	1993	93
1973	64	1980	87	1987	81	1994	87
1974	53	1981	86	1988	82	1995	84
1975	44	1982	99	1989	87	1996	85
1976	52	1983	96	1990	94	1997	86

34-topshiriq.

4.28-jadvalda Singapur bozorlaridagi Malayziyadan keltirilgan oʻrtacha yillik kauchuk narxlari darajasi haqida maʼlumot beradi (1 funt uchun amer. sentida).

4.28-jadval

Yil	Narx	Yil	Narx	Yil	Narx	Yil	Narx
1970	18,5	1977	36,9	1984	43,4	1991	37,5
1971	15,1	1978	44,7	1985	34,4	1992	39,1
1972	15,1	1979	57,3	1986	36,6	1993	37,7
1973	30,8	1980	64,6	1987	44,7	1994	51,1
1974	34,1	1981	50,9	1988	53,7	1995	71,7
1975	25,4	1982	38,9	1989	44,0	1996	63,6
1976	35,1	1983	48,3	1990	39,2	1997	46,2

35-topshiriq.

4.29-jadvalda Nyu-York shahrining bozorlaridagi kauchuk uchun oʻrtacha yillik narxlar darajasi haqida maʼlumot berilgan (1 funt uchun amer. sentida).

4.29-jadval

Yil	Narx	Yil	Narx	Yil	Narx	Yil	Narx
1970	73,8	1977	256,4	1984	230,7	1991	249,3
1971	72,6	1978	249,6	1985	234,9	1992	242,9
1972	106,9	1979	300,4	1986	248,5	1993	234,3
1973	237,5	1980	316,7	1987	333,0	1994	287,9
1974	214,7	1981	274,6	1988	403,2	1995	356,2
1975	147,6	1982	239,7	1989	386,3	1996	348,3
1976	202,9	1983	221,9	1990	241,5		

36-topshiriq.

4.30-jadvalda Avstraliyada tayyorlangan yuvilmagan jun uchun jahon bozorlaridagi oʻrtacha yillik narxlar darajasi haqida maʼlumot berilgan(1 kilogramm uchun amer. sentida).

4.30-jadval

Yil	Narx	Yil	Narx	Yil	Narx	Yil	Narx
1970	98,2	1977	227,0	1984	282,0	1991	307,5
1971	79,7	1978	234,8	1985	258,5	1992	302,6
1972	117,8	1979	259,6	1986	259,5	1993	240,4
1973	305,1	1980	302,5	1987	343,2	1994	323,2
1974	251,9	1981	328,5	1988	567,1	1995	395,8
1975	182,4	1982	306,5	1989	520,9	1996	325,7
1976	197,9	1983	269,3	1990	446,6	1997	358,5

5-bob. Stoxastik jarayonlarning chiziqli modellari

5.1. Uslubiy ko'rsatmalar

5.1.1. Stasionar stoxastik jarayonlar

Vaqtli qator $x_1, x_2, \dots, x_n$ ning tasodifiy tashkil etuvchilari mavjud bo'lgandagi bosqichlari $t_1, t_2, \dots, t_n$ vaqt momentlariga mos keluvchi $X_1, X_2, \dots, X_n$ tasodifiy miqdorlarning ko'rinishi sifatida qaralishi mumkin, ya'ni diskret stoxastik jarayonning asosida amalga oshirilishi kabi.

Stoxastik jarayon deb t haqiqiy argumentli $X(t)$ tasodifiy funksiyaga aytiladi. Boshqacha aytganda, $\tilde{T}$ qandaydir haqiqiy sonlar to'plamidagi t argumentning har bir qiymatiga $X_t = X(t)$ tasodifiy miqdor mos keltirilgan bo'lsa, u holda $\{X_t\}$ tasodifiy miqdorlar to'plami stoxastik jarayonni tashkil etadi.

Agar $X(t)$ tasodifiy funksiyaning $\tilde{T}$ aniqlanish to'plami diskret bo'lsa, ya'ni $\tilde{T} = \{t_i\}$, u holda stoxastik jarayon diskret deb ataladi.

Diskret stoxastik jarayon $t_1, t_2, \dots, t_n$ vaqt momentlariga mos keluvchi X_t tasodifiy miqdorlar ketma-ketligidan iborat. Stoxastik jarayon keng (tor) ma'noda stasionar jarayon deb ataladi, agar μ_t matematik kutilish va σ_t^2 dispersiya vaqtga bog'liq bo'lmasa (barcha X_t lar uchun bir xil) $\gamma_{t_1 t_2}$ avtokovariyasiya esa $\tau = t_2 - t_1$ lag kattaligiga bog'liq bo'lsa, ya'ni

$$\begin{aligned}\mu_t &= \mu = \text{const}; \\ \sigma_t^2 &= \sigma^2 = \text{const}; \\ \gamma_{t_1 t_2} &= \text{cov}(X_{t_1}, X_{t_2}) = E[(X_{t_1} - \mu)(X_{t_1 + \tau} - \mu)] = \gamma(\tau).\end{aligned}\tag{5.1}$$

“O'zgarmas shovqin” deb erkli a_t tasodifiy miqdorlarning bir xil taqsimlangan ketma-ketligiga ataladi. “O'zgarmas shovqin” ta'rifiga ko'ra

$$\mu_t = \text{const} = \mu; \quad D_t = \sigma_t^2 = \text{const} = \sigma^2; \quad \gamma_{t_1 t_2} = 0 \quad \text{agar } t_1 \neq t_2.\tag{5.2}$$

“O'zgarmas shovqin” – stasionar stoxastik jarayon bo'lib, regressiya tenglamalaridagi stoxastik jarayonlar qoldiqlarining modellashtirishda muhim ahamiyatga ega.

$\gamma_\tau = \gamma(\tau)$ avtokovariasiyaning τ lag uzunligiga bog'liqligi avtokovariasion funksiya deb ataladi. $\tau = 0$ da uning qiymati dispersiyaga teng: $\gamma_0 = \gamma(\tau) = \sigma^2$.

$\gamma_\tau = \gamma(\tau)$ ning $\sigma^2 = \gamma_0$ dispersiyaga nisbati stasionar stoxastik jarayonning avtokorrelyasion funksiyasi deb ataladi.

$$\rho_t = \frac{\gamma_t}{\gamma_0} \quad (5.3)$$

bunda $-1 \leq \rho_t \leq 1$.

X_t stasionar stoxastik jarayonga $x_1, x_2, \dots, x_n$ stasionar vaqtli qator mos keladi.

Vaqtli qatorning stasionarlik belgilari bo‘lib, tendensiyaning va davriy qo‘shiluvchining yo‘qligi, shuningdek tebranishlar qulochining tizimli o‘zgarishlari va vaqtli qator elementlariaro o‘zaro bog‘liqliklarning tizimli o‘zgarishlari hisoblanadi.

Vaqtli qatorlarning stasionarligini tanib olish uchun quyidagi usullar qo‘llanilishi mumkin:

- vaqtli qator tendensiya va davriy tashkil etuvchining mavjudligiga, dispersiyaning doimiyligining grafik tasavvurini vizual tahlili;

- avtokorrelyasiya mavjudligi bo‘yicha vaqtli qator tahlili;
- deterministik trend mavjudligiga testlar;
- stoxastik tavsiflar doimiyligi bo‘yicha testlar;
- stoxastik trend, masalan, birlik ildizga tekshirish.

5.1.2. Stasionar vaqtli qatorlarning chiziqli modeli. ARMA jarayonlari

p tartibli avtoregression jarayon ($AR(p)$) deb, quyidagi munosabat bilan aniqlanuvchi X_t stoxastik jarayonga aytiladi.

$$X_t = \alpha_0 + \alpha_1 X_{t-1} + \alpha_2 X_{t-2} + \dots + \alpha_p X_{t-p} + \varepsilon_t \quad (5.4)$$

bu yerda ε_t - “O‘zgarimas shovqin” turidagi jarayon $\mu_\varepsilon = 0$ bilan. α_0 - ozod had, ko‘pincha 0 ga teng deb olinadi (ya’ni o‘rtacha darajasi nolga teng bo‘lgan markazlashtirilgan jarayonlar ko‘rib chiqiladi).

Vaqtli qatorning avtoregression modeli kelajakdagi qandaydir bir iqtisodiy ko‘rinishining ko‘zda tutishi uning hozirgi va avvalgi holatlari bilan aniqlanishi tahminiga asoslangan.

AR - jarayonlar stasionar bo‘ladi, shunda va faqat shunda, qachonki uning

$$1 - \alpha_1 z - \alpha_2 z^2 - \dots - \alpha_p z^p = 0 \quad (5.5)$$

ko‘rinishdagi tavsifiy tenglamalari, kompleks yechimlari (ildizlari) birlik doira tashqarisida yotadi, ya’ni $|z| > 1$ (z – kompleks son).

$|z| = 1$ bo‘lgan jarayonlar birlik ildiz jarayonlari deb ataladi va nostasionar bo‘ladi.

AR jarayonlar uchun

$$X_t = \alpha_0 + \alpha_1 X_{t-1} + \varepsilon_t$$

tavsifiy tenglama quyidagi ko‘rinishga ega $1 - \alpha_1 z = 0$.

$|\alpha_1| < 1$ bo‘lganda $|z| > 1$ tengsizlik bajariladi. Stasionarlik shartidan $|\alpha_1| < 1$ munosabat kelib chiqadi.

O‘rtacha tartibli sirpanuvchi modellarda stasionar stoxastik jarayonning o‘rtacha joriy qiymati $\varepsilon_t, \varepsilon_{t-1}, \dots, \varepsilon_{t-p}$ xatoliklarning hozirgi va avvalgi qiymatlari chiziqli kombinatsiya ko‘rinishida ifodalanadiki, bu esa “O‘zgarmas shovqin” xossalriga ega bo‘ladi.

q tartibli sirpanuvchi o‘rtacha jarayon (MA(q) kabi) deb belgilanadi

$$X_t = \varepsilon_t - \beta_1 \varepsilon_{t-1} - \beta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \beta_q \varepsilon_{t-q} \quad (5.6)$$

munosabat orqali aniqlanuvchi X_t stoxastik jarayonga aytiladi.

bu yerda ε_t - “O‘zgarmas shovqin” turidagi jarayon $\mu_\varepsilon = 0$, $\sigma_\varepsilon^2 = \sigma^2$ bilan.

MA(q) tipidagi jarayonlar quyidagi xossalarga ega:

$$E[X_t] = 0; \quad D[X_t] = \sigma^2 \sum_{i=0}^q \beta_i^2. \quad (5.7)$$

(5.7) ga ko‘ra o‘rta qiymat, dispersiya va kovariatsiya vaqtga bog‘liq emas, shuning uchun MA jarayon keng ma’noda stasionar bo‘ladi.

Avtoregressiya va p va q tartibli sirpanuvchi o‘rtacha kombinatsiyalar mos ravishda sirpanuvchi o‘rtacha-avtoregression jarayon (ARMA(p, q)) deb ataladi.

$$X_t = \alpha_0 + \alpha_1 X_{t-1} + \alpha_2 X_{t-2} + \dots + \alpha_p X_{t-p} + \varepsilon_t - \beta_1 \varepsilon_{t-1} - \beta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \beta_q \varepsilon_{t-q}. \quad (5.8)$$

ARMA jarayonlardan foydalanish AR yoki MA jarayonlar tabiatiga o‘xshashlariga nisbatan real vaqtli qatorlarning yanada kompakt modellarni qurish imkonini beradi.

5.1.3. Avtokorrelyasion funksiyalar

X_t jarayonning ρ_τ avtokorrelyasiya koeffitsiyentlarning τ lag kattaliklariga bog'liqligini aniqlovchi avtokorrelyatsion funksiya

$$\rho_\tau = \rho(\tau) = \frac{\gamma_\tau}{\gamma_0} = \frac{1}{\gamma_0} E[(X_t - \mu)(X_{t-\tau} - \mu)] \quad (5.9)$$

munosabat orqali aniqlanadi

ρ_τ grafigi korrelogramma deb ataladi.

Stasionar vaqtli qator modelini aniqlashtirish uchun, ya'ni jarayonning tartibi va turini aniqlash uchun avtokorrelyatsion funksiyaning quyidagi xossaligidan foydalanish mumkin:

a) $AR(p)$ jarayon uchun korrelogramma eksponensial egri chiziq va sinusoida aralashmasidan iborat.

b) $MA(q)$ jarayon uchun faqatgina birinchi q avtokorrelyasiya koeffitsiyentlari 0 dan farqli.

Misol sifatida $AR(1)$ va $MA(1)$ jarayonlarning avtokorrelyatsion funksiyasini ko'rib chiqamiz.

Ozod hadsiz va $\alpha_1 < 1$ bo'lgan $AR(1)$ jarayon uchun

$$X_t = \alpha_1 X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (5.10)$$

bo'lib, avtokorrelyasion funksiya $\rho_1 = \alpha_1$, $\rho_k = \alpha_1^k$ munosabat orqali aniqlanadi.

$MA(1)$ jarayon uchun

$$X_t = \varepsilon_t - \beta_1 \varepsilon_{t-1} \quad (5.11)$$

bo'lib, avtokorrelyatsion funksiya

$$\rho_1 = \frac{-\beta_1}{(1 + \beta_1^2)}, \rho_2 = 0, \rho_3 = 0, \dots,$$

munosabat bilan aniqlanadi.

Stasionar stoxastik jarayonning modeli tuzilish haqida muhim ma'lumotni xususiy avtokorrelyasion funksiyadan foydalanib olish mumkin.

Quyidagi X_t stasionar stoxastik jarayonning $AR(k)$ aproksimasiyani ko'rib chiqaylik:

$$X_t^{(k)} = \alpha_{0k} + \alpha_{1k} X_{t-1}^{(k)} + \alpha_{2k} X_{t-2}^{(k)} + \dots + \alpha_{kk} X_{t-k}^{(k)}. \quad (5.12)$$

α_{kk} koeffitsiyent k lag uchun X_t xususiy avtokorrelyasiya koeffitsiyenti deb ataladi.

Turli xil k larga ega $\rho_{part}(k) = \alpha_{kk}$ qator xususiy avtokorrelyasion funksiya (PACF) deb ataladi.

AR(p) jarayon uchun $\tau > \rho$ lag kattaligi uchun $\rho_{part}(\tau)$ xususiy avtokorrelyasiya funksiya qiymati nolga teng.

MA(q) jarayon uchun xususiy avtokorrelyasion funksiya qiymatlari lag qiymatiga teng holda eksponensial kamayadi.

k lagning berilgan qiymatidagi $\rho_{part}(k)$ xususiy avtokorrelyasion funksiya qiymatlari sifatida AR(k) modelning EKK usuli yordamida olingan α_{kk} koeffitsiyent bahosidan foydalanish mumkin.

5.1.4. ARMA jarayonlarni prognozlash

ARMA(p, q) jarayonlar uchun prognozlashtirish formulalari (5.8) model tenglamasining o'ng qismida o'zgaruvchilarning xatoliklari ma'lum qiymatlari prognozlashdan avvalgi qadamlarida olingan o'zgaruvchining prognozlashtirilgan qiymatlarini almashtirish yordamida olinadi. Buni ARMA (3,3) modeli misolida ko'rib chiqamiz

$$Y_t = a_0 + a_1 Y_{t-1} + a_2 Y_{t-2} + a_3 Y_{t-3} + \varepsilon_t - \beta_1 \varepsilon_{t-1} - \beta_2 \varepsilon_{t-2} - \beta_3 \varepsilon_{t-3}. \quad (5.13)$$

$\hat{Y}_T(h)$ prognoz qiymatini hisoblash uchun (5.13) o'ng qismida Y_{T+i} ($i > 0$) o'rtacha $\hat{Y}_T(i)$ ning avvalroq hisoblangan prognozlashtirilgan qiymatini qo'yamiz. U holda nuqtali prognoz quyidagi munosabatlar orqali aniqlanadi:

$$\begin{aligned} \hat{Y}_T(1) &= \alpha_0 + \alpha_1 Y_T + \alpha_2 Y_{T-1} + \alpha_3 Y_{T-2} - \beta_1 \varepsilon_T - \beta_2 \varepsilon_{T-1} - \beta_3 \varepsilon_{T-2}, \\ \hat{Y}_T(2) &= \alpha_0 + \alpha_1 \hat{Y}_T(1) + \alpha_2 Y_T + \alpha_3 Y_{T-1} - \beta_2 \varepsilon_T - \beta_3 \varepsilon_{T-1}, \\ \hat{Y}_T(3) &= \alpha_0 + \alpha_1 \hat{Y}_T(2) + \alpha_2 \hat{Y}_T(1) + \alpha_3 Y_T - \beta_3 \varepsilon_T, \\ \hat{Y}_T(h) &= \alpha_0 + \alpha_1 \hat{Y}_T(h-1) + \alpha_2 \hat{Y}_T(h-2) + \alpha_3 \hat{Y}_T(h-3). \quad \text{bunda } h > 3. \end{aligned} \quad (5.14)$$

5.1.5. Nostasionar integrallanuvchi jarayonlar

Nostasionar stoxastik jarayonning belgisi bu (5.1) stasionarlik shartlaridan birining buzilishi hisoblanadi. Nostasionar stoxastik jarayonning aniq realizatsiyasi nostasionar vaqtli qatorni ifodalaydi. Vaqtli qatorning nostasionarlik belgilari bo'lib, tendensiya mavjudligi, dispersiyaning tizimli o'zgarishlarining mavjudligi, davriy tashkil etuvchining mavjudlik vaqtli qator elementlari orasida o'zaro bog'liqliklarning tizimli o'zgarishlarining mavjudligi hisoblanadi.

Qoida bo'yicha iqtisodiy ko'rsatkichlarning vaqt bo'yicha o'zgarishini ifodalab beruvchi qiymatlar nostasionar vaqtli qatorlarni tashkil etishini sezish qiyin emas.

$$Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (5.15)$$

model orqali aniqlanuvchi 1-tartibli avtoregression jaryonni ko'rib chiqaylik, bu yerda $\varepsilon_t - \mu_\varepsilon = 0$ li "O'zgarimas shovqin" tipidagi jarayon.

$|\alpha_1| < 1$ bo'lganda Y_t tasodifiy jarayon stasionar bo'ladi. (5.21) munosabat bilan aniqlanuvchi $\alpha_1 = 1$ dagi

$$Y_t = Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (5.16)$$

jarayon stasionar bo'lib, "tasodifiy yurish" deb ataladi. Shu kabi nostasionar jarayonlar birlik ildiz jarayonlari deb ataladi.

Y_t jarayonning o'rtachasi doimiy $E(Y_t) = E(Y_{t-1}) + E(\varepsilon_t) = \mu = \text{const}$ bo'ladi va $\text{var}(Y_t) = t\sigma^2$ dispersiya esa vaqt o'tishi bilan cheksiz o'sadi. Y_t ning birinchi farqlari ε_t ning "O'zgarimas shovqin" va stasionar bo'ladi:

$$\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1} = \varepsilon_t.$$

Tajribadan ko'rish mumkinki, iqtisodiy tadqiqotlarda ko'riladigan nostasionar vaqtli qatorlar ko'pincha aynan shu turga tegishli bo'ladi va vaqtli qator nostasionarligini aniqlash muammosi (5.15) modelda $\alpha = 1$ ni tekshirishga olib kelinadi. Mos testlar "birlik ildiz testlari" deb ataladi.

Dik-Fullyer testi

$$\Delta Y_t = \lambda \cdot Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (5.17)$$

tenglamaning (5.15) tenglamaga ekvivalent bo'lgan $\lambda = \alpha_1 - 1$ parametrini baholashga asoslanadi. Buni birlik ildizga tekshirish ham deb ataladi.

H_0 nolinch va alternativ H_1 gipotezalar $H_0: \lambda = 0$; $H_1: \lambda < 0$ munosabatlar orqali aniqlanadi.

Agar Styudentning t -statistikasi λ parametri uchun qiymati DF -statistikaning pastgi chegarasi qiymatidan kichik bo'lsa, u holda $\lambda = 0$ nolinch gipotezani ($\alpha_1 = 1$) birlik ildiz mavjudligi to'g'risidagi gipoteza) rad etilib, Y_t jarayon stasionarligi haqidagi alternativini qabul qilishi kerak.

Dik-Fullyer testlari jadvali (DF-testlari) 1, 5, 10% ahamiyatlilik darajalari uchun mo'ljallangan jadvalda DF-testning ko'rsatilgan qiymatlari manfiy bo'ladi.

DF testlar siljitishli va siljishli hamda chiziqli deterministik trendli masofaviy jarayonlarni birlik ildizga tekshirishda ham qo'llaniladi va tengliklar bilan aniqlanadi

$$\Delta Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t, \quad (5.18)$$

$$\Delta Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 Y_{t-1} + \alpha_2 t + \varepsilon_t. \quad (5.19)$$

Bu yerda α_0 - siljitish deb ataluvchi o'zgarmas. Bunda DF-test kritik qiymatlarining mos jadvalidan foydalaniladi.

Amaliyotda qaysi paytda DF-testdan, qaysi paytda siljitishli DF-testdan foydalanish kerakligini aniqlash qiyinligini aytib o'tish kerak.

Amaliyot uchun integrallanuvchi nostasionar jarayonlar qiziqish uyg'otadi. Nostasionar vaqtli qatorlardan ketma-ket ayirmalar olish jarayonini ketma-ket qo'llash yordamida stasionar qatorlar olish mumkin bo'lgan jarayonlardir. Stoxastik jarayonning ketma-ket ayirmalar farqi quyidagi munosabatlar bilan aniqlanadi:

$\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1}$ - dastlabki ketma-ketlikning ayirmalari farqi

$\Delta^2 Y_t = \Delta Y_t - \Delta Y_{t-1}$ - ikkinchi ketma-ketlikning ayirmalari farqi va h.k.

Agar dastlabki nostasionar qatorning Y_t birinchi farqi stasionar bo'lsa, u holda Y_t qator birinchi tartibli integrallanuvchi (qator) deyiladi. Vaqtli stasionar qator nolinch darajali integrallanuvchi (qator) deyiladi.

Agar nostasionar qatorning birinchi farqi nostasionar, ikkinchi farqi stasionar bo'lsa, Y_t qator ikkinchi tartibli integrallanuvchi (qator) deyiladi. Agar birinchi tartibli stasionar qator k -farqqa ega bo'lsa, bunday qator k -tartibli integrallanuvchi qator deyiladi.

5.1.6. ARIMA modellari

X_t jarayonda d -tartibli nostasionar qatorning integrallanish tartibini ko'rib chiqamiz. Bunda d -tartibli $Y_t = \Delta^d X_t$ jarayon (dastlabki) birinchi farqqa ega bo'lsa, bu jarayon ARIMA(p, q) jarayon ya'ni,

$$Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 Y_{t-1} + \alpha_2 Y_{t-2} + \dots + \alpha_p Y_{t-p} + \varepsilon_t - \beta_1 \varepsilon_{t-1} - \beta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \beta_q \varepsilon_{t-q} \quad (5.20)$$

bo'lsa X_t ARIMA(p, d, q) jarayon deb ataladi. Amaliyotda ko'pincha α_0 - ozod had tushirib qoldiriladi (0 ga tenglashtirib olinadi).

Ko'pgina empirik vaqtli qatorlar ARIMA jarayonlarning realizatsiyasi hisoblanadi.

Vaqtli qatorlar tahlilidagi asosiy muammo ARIMA(p,d,q) model tartibini aniqlashdan iborat. Quyidagi 3 ta asosiy parametrlarni baholash zarur: d - integrallanish tartibi, AR komponentning p -tartibi, MA komponentning q tartibi. Iqtisodiy vaqtli qatorlar uchun d parametr odatda 1 ga teng, 0 yoki 2 qiymatlar ham ehtimoldan yiroq emas. p va q parametrlarni aniqlashda (ACF) avtokorrelyasion funksiya va xususiy avtokorrelyasion funksiya (PACF) tavsifi qo'llaniladi. Bunda model parametrlari eng kami bilan ko'rilishi afzallikka ega.

Mukammal model tanlashning bir nechta variantlaridagi shartlar:

- 1) Kichik sonli parametrlarda;
- 2) R2 ning kichik qiymatlarda;
- 3) $\sum(\hat{y}_t - y_t)^2$ qoldiqlar kvadrlarining yig'indilarini kichik qiymatlar bilan;
- 4) Akaike AIC axborot kriteriysining kichik qiymatlari bilan berilishi.

X_t ARIMA jarayonlarini prognozlashtirishda 2 xil yondashishni qo'llash mumkin:

1) $A_t = \Delta^d x_t$ ARMA jarayonlarining $\hat{Y}_T(h)$ taxminiy qiymatlarini olishda $\Delta^{d-1} \hat{X}_T(h)$, $\Delta^{d-2} \hat{X}_T(h)$ va h.k. toki $\hat{X}_T(h)$ olinmaguncha taxminiy qiymatlarning navbatdagi ketma-ket hisoblanishi bilan ARMA jarayonlarini prognozlashtirish usuli bo'yicha olishi.

2) (5.20) tenglamani Y_t o'rniga $\Delta^d X_t$ ayirmalarni qo'yish orqali modifikasiyalash va olingan tenglamasi X_t ga nisbatan navbatdagi yechim yordamida prognoz formulasini qurish. Natijada nostasionar jarayonning ARIMA - modeli olinib, bu $\hat{X}_T(h)$ kattalikni h qadam oldin 5.14. bo'limda yoritilgan usul bo'yicha T vaqt momentidan boshlab hisoblaganda prognozlashtirish formulasiga aylantirilishi mumkin.

ARIMA(0,1,0) da $Y_t = \Delta X_t = \varepsilon_t$ tasodifiy adashish yoki shakl almashtirish $X_t = X_{t-1} + \varepsilon_t$ ko'rinishida bo'lgan modelni ko'rib chiqaylik.

Ekstropolyasiya formulasi

$$X_{T+h} = X_{T+h-1} + \varepsilon_t \quad (5.21)$$

ko'rinishga ega bo'lib, prognoz formulasi

$$\hat{X}_T(h) = X_T, \quad h \geq 1 \quad (5.22)$$

munosabat orqali beriladi.

$\text{var}(e_T(h)) = h \cdot \sigma^2$ taxmin xatoligi dispersiyasi h o'sish bilan ortib boradi.

Agar X_t

$$X_t = X_{t-1} + \alpha_0 + \varepsilon_t \quad (5.23)$$

siljishli tasodifiy adashish bo'lsa, u holda prognozlashtirish uchun formula

$$\hat{X}_{T(h)} = X_T + h\alpha_0 \quad (5.24)$$

ko'rinishga ega. Taxmin hatoligi dispersiya $\alpha_0 = 0$ bo'lgandagi kabi bo'ladi.

ARIMA(1,1,1) modelni ko'rib chiqaylik:

$$\Delta X_t - \alpha_1 \Delta X_{t-1} = X_t - X_{t-1} - \alpha_1 (X_{t-1} - X_{t-2}) = \alpha_0 + \varepsilon_t - \beta_1 \varepsilon_{t-1},$$

bu esa shakl almashtirishdan so'ng

$$X_t = \alpha_0 + (1 + \alpha_1)X_{t-1} - \alpha_1 X_{t-2} + \varepsilon_t - \beta_1 \varepsilon_{t-1} \quad (5.25)$$

ko'rinishni oladi.

$t = T + h$ momentdagi prognozlarish uchun formulalar

$$\hat{X}_T(1) = \alpha_0 + (1 + \alpha_1)X_T - \alpha_1 X_{T-1} - \beta_1 \varepsilon_T,$$

$$\hat{X}_T(2) = \alpha_0 + (1 + \alpha_1)\hat{X}_T(1) - \alpha_1 X_T,$$

$$\hat{X}_T(h) = \alpha_0 + (1 + \alpha_1)\hat{X}_T(h-1) - \alpha_1 X_T(h-2) \quad \text{bunda } h \geq 3 \quad (5.26)$$

orqali aniqlanadi.

5.2. Masalalarni axborot texnologiyalarini qo'llab yechish

Matrixer 5.1. dasturini qo'llab masalani yechish

1-masala. Jadval ma'lumotlari asosida quyidagilar topilsin.

1) Y_t qatorni nostandartlik va 3 dan yuqori bo'lmagan tartibgacha integrallashni Dik-Fullyer testi yordamida tekshiring.

2) $p=2$, $q=2$ dan yuqori bo'lmagan tartibli Y_t vaqtli qatorning ARIMA(p, d, q) modelini quring. (R^2 ning eng kichik qiymati va $\sum \varepsilon^2 = \sum (\hat{y}_t - y_t)^2$ qoldiqlar kvadratlari yig'indisining eng kichik qiymatiga, Akaike AIC axborotli kriteriysining eng kichik qiymatiga ega bo'lgan mavjud modellardan eng yaxshilari saralab olinadi).

3) 1 va 2 qadam oldindan olingan model bo'yicha taxminiy qiymatlarini hisoblang.

Yechilishi. Berilgan ma'lumotlar:

- Y_t ni kuzatish natijalari 5.1-jadvalda (Y_t ustun) berilgan;
- $\alpha = 0,05$ ahamiyatlilik darajasi.

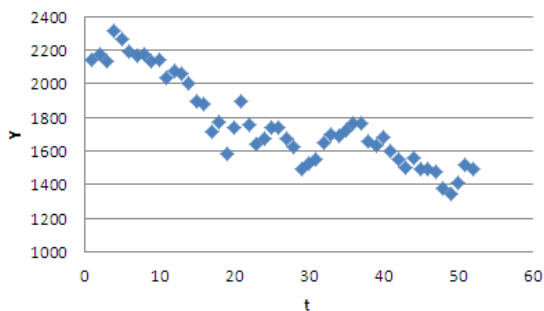
5.1-jadval

Kuzatish ma'lumotlari va oraliq hisoblashlar natijalari

	Y_t	Y_{t-1}	ΔY_t	$(\Delta Y)_{t-1}$	$\Delta^2 Y_t$	$\hat{Y}_t$ ARMA(1,0)
1	2143	-	-	-	-	-
2	2174	2143	31	-	-	2143
3	2136	2174	-38	31	-69	2174
4	2312	2136	176	-38	214	2136
5	2262	2312	-50	176	-226	2313
6	2188	2262	-74	-50	-24	2263
7	2163	2188	-25	-74	49	2188
8	2172	2163	9	-25	34	2163
9	2135	2172	-37	9	-46	2172
10	2139	2135	4	-37	41	2135
11	2034	2139	-105	4	-109	2139
12	2077	2034	43	-105	148	2034
13	2059	2077	-18	43	-61	2077
14	2003	2059	-56	-18	-38	2059
15	1894	2003	-109	-56	-53	2002
16	1879	1894	-15	-109	94	1893
17	1710	1879	-169	-15	-154	1878
18	1770	1710	60	-169	229	1708
19	1585	1770	-185	60	-245	1768
20	1735	1585	150	-185	335	1582
21	1894	1735	159	150	9	1733
22	1753	1894	-141	159	-300	1893
23	1640	1753	-113	-141	28	1751
24	1677	1640	37	-113	150	1638
25	1737	1677	60	37	23	1675
26	1742	1737	5	60	-55	1735
27	1673	1742	-69	5	-74	1740
28	1620	1673	-53	-69	16	1671
29	1493	1620	-127	-53	-74	1618
30	1529	1493	36	-127	163	1490
31	1549	1529	20	36	-16	1526
32	1646	1549	97	20	77	1546
33	1698	1646	52	97	-45	1644
34	1687	1698	-11	52	-63	1696
35	1721	1687	34	-11	45	1685
36	1762	1721	41	34	7	1719
37	1760	1762	-2	41	-43	1760
38	1660	1760	-100	-2	-98	1758
39	1629	1660	-31	-100	69	1658

40	1682	1629	53	-31	84	1627
41	1598	1682	-84	53	-137	1680
42	1553	1598	-45	-84	39	1595
43	1497	1553	-56	-45	-11	1550
44	1558	1497	61	-56	117	1494
45	1496	1558	-62	61	-123	1555
46	1489	1496	-7	-62	55	1493
47	1478	1489	-11	-7	-4	1486
48	1373	1478	-105	-11	-94	1475
49	1340	1373	-33	-105	72	1369
50	1409	1340	69	-33	102	1336
51	1516	1409	107	69	38	1405
52	1490	1516	-26	107	-133	1513
$h=1$	Prognoz qiymatlari					1487
$h=2$						1483

1) Y_T qatorni nostasionarlikka tekshirish. (t, Y_t) grafikni quramiz (5.5-rasm).



5.1-rasm. (t, Y_t) ning grafigi

5.1-rasmda vaqtli Y_T qatorni nostasionarlikka ko'rsatuvchi an'anaga mos kelmasligi ko'rinib turibdi.

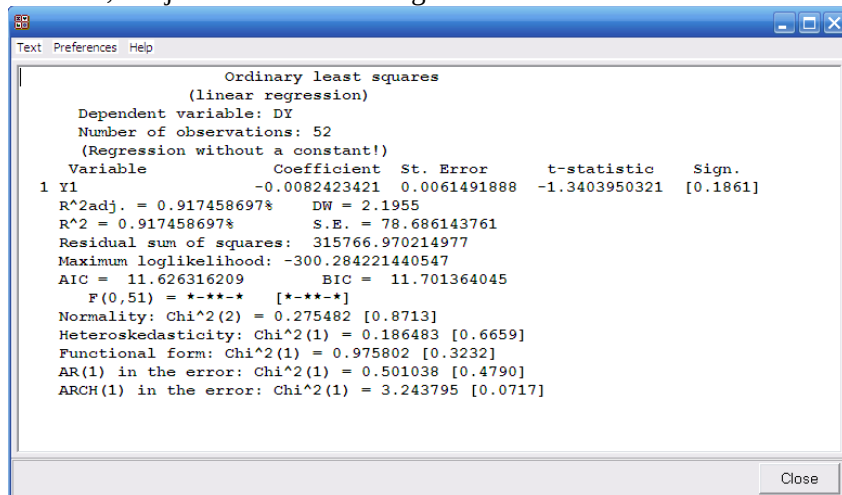
Y_T qatorni nostasionarligini Dik-Fullyer testi yordamida tekshiramiz. Buning uchun quyidagi

$$\Delta Y_t = \lambda \cdot Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (5.27)$$

tenglamaning λ parametrini baholash zarur, bu yerda $\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1}$ Y_t qatorning dastlabki farqlari hisoblanadi (5.1-jadval).

Matrixer 5.1 amaliy dasturiy paketidan foydalanamiz. Avvaldan hisoblangan 2 ta $DY = \Delta Y_t$ va $Y1 = Y_{t-1}$ vektorlarni kiritamiz (5.1-jadval).

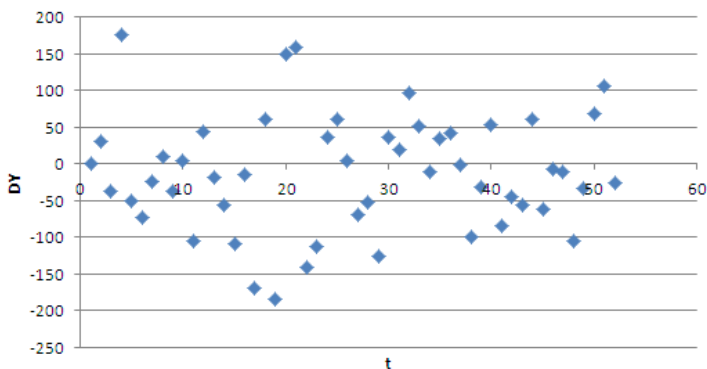
Dasturning buyruq oynasida DY: Y1 formulani kiritib tugmachani bosamiz, natija 5.2-rasmda keltirilgan.



5.2-rasm. λ paramatrning baholash natijasi

5.2-rasmdan ko‘rinadiki, $\lambda = -0,0082$ va t -statistika $-1,327 > f_{krit} = -1,95$ ga teng (kritik qiymat 0,05 ahamiyatlilik darajasi bo‘yicha olingan). Bundan kelib chiqadiki nostasionarlik haqidagi gipoteza rad etilmaydi.

ΔY_t qatorning nostasionarligini $\Delta^2 Y_t = \Delta Y_t - \Delta Y_{t-1}$ ikkinchi ketma-ket ayirmalarini avvaldan hisoblab tekshirib olamiz (5.1-jadval). $(t, \Delta Y_t)$ grafigini quramiz (5.3-rasm). 5.3-rasm tahlili ko‘rsatadiki ΔY_t vaqtli qatorlar ko‘proq stasionar qatorga o‘xshash bo‘ladi.



5.3-rasm. $(t, \Delta Y_t)$ ning grafigi

Dik-Fullyer testiga muvofiq λ_1 parametrni baholash uchun $\Delta^2 Y_t = \lambda_1 \cdot \Delta Y_{t-1} + \varepsilon_{t1}$ tenglamada ikki vektor $D2Y = \Delta^2 Y_t$ va $DY1 = \Delta Y_{t-1}$ ni yaxlitlab hisoblangan qiymatlari bilan (5.1-jadval) kiritamiz. Dasturning buyruq oynasida $D2Y : DY1$ formulani kiritib, tugmasini bosamiz. Natija 5.4-rasmda keltirilgan.

```

Ordinary least squares
(linear regression)
Dependent variable: D2Y
Number of observations: 50
(Regression without a constant!)
Variable          Coefficient    St. Error      t-statistic    Sign.
1 DY1             -1.068154438   0.1424624058   -7.4977986814   [0.0000]
R^2adj. = 53.425227757%   DW = 2.0015
R^2 = 53.425227757%      S.E. = 81.367736972
Residual sum of squares: 324414.722379412
Maximum loglikelihood: -290.39080114713
AIC = 11.695632045       BIC = 11.772112965
F(0,49) = ***-***      [***-***]
Normality: Chi^2(2) = 0.473761 [0.7891]
Heteroskedasticity: Chi^2(1) = 0.701428 [0.4023]
Functional form: Chi^2(1) = 0.074454 [0.7850]
AR(1) in the error: Chi^2(1) = 0.072597 [0.7876]
ARCH(1) in the error: Chi^2(1) = 0.553133 [0.4570]

```

5.4-rasm. λ_1 parametr bahosining natijalari

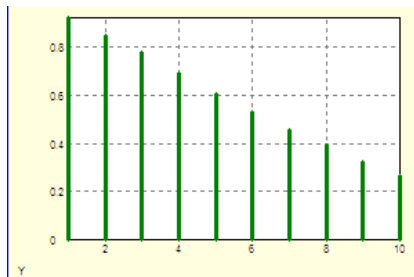
Rasmdan ko'rinadiki, $\lambda_1 = -1,068 < 0$ va t -statistika $-7,498 < f_{krit} = -1,95$ ga teng bo'ladi. Demak, nostasionarlik haqidagi gipoteza rad qilinadi.

Shunday qilib, Y_t vaqtli qator 1-tartibli integrallashdagi nostasionar vaqtli qator bo'ladi.

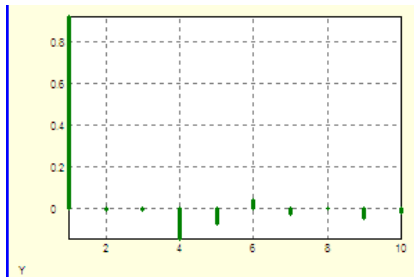
2) Y - nostasionar qator modelini qurish. Avtokorrelyatsion va avtokorrelyatsion funksiyalarni quramiz. Buning uchun Y_t qator

qiymatlariga ega Y -vektorni kiritamiz, dasturning buyruqlar oynasida “acf! Y & pacf” formulasini kiritib, ► tugmani bosamiz. Natija 5.5-rasmda keltirilgan.

a)



b)



5.5-rasm. (a) avtokorrelyasiya va (b) xususiy avtokorrelyatsion funksiyalar

5.5-rasmga ko‘ra, xususiy avtokorrelyasiyaning 1 lag kattaligi uchun α_{11} koeffitsiyentgina noldan farqli bo‘lgani uchun Y_t qator ARMA (1,0) stoxastik jarayon regressiya bo‘lishini xulosa qilishimiz mumkin.

$$Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot Y_{t-1}, \quad |\alpha_1| > 1.$$

ARMA(1,0) modelini qurish uchun dasturning buyruq oynasiga “boxjen! (1,0) Y ” dastur formulasini kiritamiz va ► tugmasini bosamiz.

Parameter		Precision
1	1767.6730769	36.222724394
%ar1	0.9217071529	1.

Max. step

☒ Auto

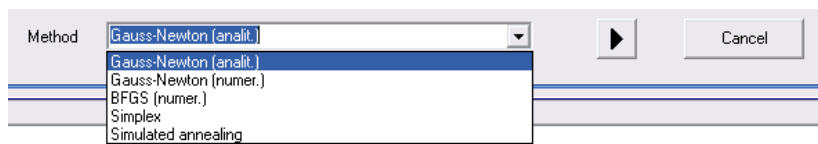
☐ Custom

Precision

Method Gauss-Newton (analit.) ► Cancel

5.6-rasm. Yechimni topish usulini tanlash oynasi

(5.6-rasm) yechimni topishda tanlash usulining paydo bo'lgan oynasida 5.7-rasm usulini tanlaymiz va ► tugmasini bosamiz.



5.7-rasm. Optimillash usuli tanlovi

ARMAni qurish eng kichik kvadratlarning chiziqli bo'lmagan usuli yordamida amalga oshiriladi. Mos bajariladigan ishlar tartibi iterasion tavsifga ega va kerakli aniqlikdagi yechim olinmaguncha cheksiz davom etishi mumkin. Bu holda iterasion jarayonning chekli sondagi qadamlarini berish yoki yechish jarayonining oynasidagi “results” tugmachasi yordamida majburan tugallash mumkin.

ARMA (1,0) modelini hisoblash natijalari 5.8-rasmida ko'rsatilgan.

```

Box-Jenkins model (ARIMA)
Estimator: Conditional sum of squares
Dependent variable: Y, levels
Number of observations: 52
Variable      Coefficient    St. Error      t-statistic    Sign.
1 Constant    -10.552765202   53.578999132   -0.196957117   [0.8447]
2 %arl         1.0049179762    0.0249744387   40.237860264   [0.0000]
R^2 = 90.612708887%      S.E. = 80.826358398
Residual sum of squares: 326645.010595287
Maximum loglikelihood: -301.164827951337
AIC = 11.698647229      BIC = 11.811218982
F(1,50) = 482.635 [0.0000]
Normality: Chi^2(2) = 0.255487 [0.8801]
Heteroskedasticity: Chi^2(1) = 0.005823 [0.9392]
ARCH(1) in the error: Chi^2(1) = 2.316667 [0.1280]
Inversed characteristic roots of AR process
Re      Im      Abs
1.0049179762    0.      1.0049179762

```

5.8-rasm. ARMA(1,0) modelini hisoblash natijalari

y_{t-1} oldidagi koeffitsiyentgina ahamiyatli hisoblanadi.

ARMA(1,0) modeli optimalligini tekshirish uchun ARMA(2,0) va ARMA(2,1) modellar parametrlarini hisoblaymiz. Dasturning buyruq

oynasida “boxjen! (2,0) Y” va “boxjen (2,1) Y” formulalarini kiritib quyidagi natijalarni olamiz.

```

Box-Jenkins model (ARIMA)
Estimator: Conditional sum of squares
Dependent variable: Y, levels
Number of observations: 52
Variable      Coefficient    St. Error      t-statistic    Sign.
1 Constant    -16.634326494   54.759147499   -0.3037725614  [0.7626]
2 %ar1        0.9303305851   0.1425663274   6.5255983088   [0.0000]
3 %ar2        0.0774075847   0.1453339343   0.5326187935   [0.5967]
R^2 = 90.666317489%      S.E. = 81.41348458
Residual sum of squares: 324779.618097815
Maximum loglikelihood: -301.015922505134
AIC = 11.731381635      BIC = 11.881477305

```

5.9-rasm. ARMA(2,0) modelini hisoblangan natijalari

```

Box-Jenkins model (ARIMA)
Estimator: Conditional sum of squares
Dependent variable: Y, levels
Number of observations: 52
Variable      Coefficient    St. Error      t-statistic    Sign.
1 Constant    -14.172754911   23.44177883    -0.6045938328  [0.5483]
2 %ar1        1.5478339656   0.6689820619   2.3137152006    [0.0250]
3 %ar2        -0.5412734023   0.6746066931   -0.8023540351   [0.4263]
4 %ma1        -0.6625943829   0.6020610004   -1.1005436035   [0.2766]
R^2 = 90.794084396%      S.E. = 81.692229215
Residual sum of squares: 320333.775081054
Maximum loglikelihood: -300.657555279547
AIC = 11.756059818      BIC = 11.943679407
F(3,48) = 157.8013 [0.0000]

```

5.10-rasm. ARMA(2,1) modelini hisoblangan natijalari

Ikkala modelda ham Y_{t-1} oldidagi koeffitsiyentgina ahamiyatli bo‘ladi.

ARMA(1,0), ARMA(2,0) va ARMA(2,1) modellar parametrlarini hisoblash natijalarini 5.2-jadvalga kiritamiz.

5.2-jadval

ARMA(1,0), ARMA(2,0) va ARMA(2,1) modellari parametrlarining hisoblash natijalari

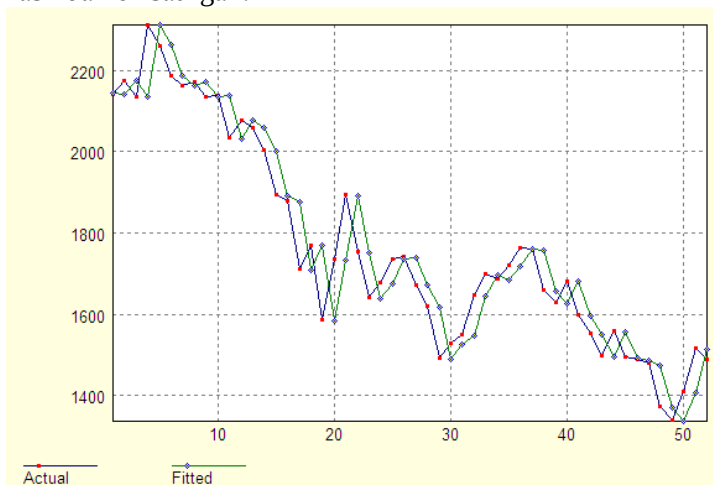
Parametr	ARMA modellari					
	(1,0)		(2,0)		(2,1)	
α_0	-10,553	0,844	-16,63	0,763	-14,17	0,548
α_1	1,0049	0,000	0,930	0,000	1,548	0,025
α_2			0,077	0,597	-0,541	0,426
β_1					-0,663	0,277
R^2	0,906		0,907		0,908	

$\sum \varepsilon^2$	80,82		81,41		81,69	
AIC	11,70		11,73		11,76	

Barcha modellarda Y_{t-1} oldidagi koeffitsiyentgina ahamiyatli hisoblanadi.

$R^2, \sum \varepsilon^2, AIC$ kriteriyalar qiymatlari ahamiyatli bo'lmagan holda farq qiladi, bunda ARMA(1,0) modeli uchun $\sum \varepsilon^2, AIC$ kriteriy qiymatlari, eng kichik bo'ladi, bu esa ARMA(1,0) modeli optimalligini bildiradi.

ARMA(1,0) modeli bo'yicha hisoblash natijalari 5.1-jadvalda va 5.11- rasmda ko'rsatilgan.



5.11-rasm. ARMA(1,0) modeli bo'yicha hisoblash natijalari

3) $Y_t = -10,553 + 1,0049 \cdot Y_{t-1} + \varepsilon_t$ model bo'yicha prognoz qiymatlarini hisoblash.

$$\hat{Y}_T(1) = -10,553 + 1,0049 \cdot Y_T = -10,553 + 1,0049 \cdot 1490 = 1487,$$

$$\hat{Y}_T(2) = -10,553 + 1,0049 \cdot \hat{Y}_T(1) = -10,553 + 1,0049 \cdot 1487 = 1483.$$

Natijalar:

1) Y_t vaqtli qatorlar 1-tartibli integrallanuvchi nostasionar vaqtli qator bo'ladi.

2) ARMA(1,0) modeli

$$Y_t = -10,553 + 1,0049 \cdot Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

3) Prognoz qiymatlari:

$$\hat{Y}_T(1) = -10,553 + 1,0049 \cdot Y_T = -10,553 + 1,0049 \cdot 1490 = 1487,$$

$$\hat{Y}_T(2) = -10,553 + 1,0049 \cdot \hat{Y}_T(1) = -10,553 + 1,0049 \cdot 1487 = 1483.$$

5.3. Nazorat topshiriqlari

1-25-topshiriqlar. Y_t qatorning ma'lumotlari quyidagi jadvalda keltirilgan.

5.3-jadval

	Topshiriqlar							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	72,2	105,0	4171	4134	3643	3109	2265	2394
2	68,8	106,1	4198	4083	2556	3224	2309	2371
3	69,0	108,2	4339	4091	2587	3289	2365	2394
4	67,4	111,3	4338	4100	2628	3286	2346	2399
5	70,1	111,7	4345	4168	2730	3292	2371	2364
6	701,8	111,0	4342	4092	2749	3279	2387	2363
7	72,4	110,8	4344	4104	2719	3283	2346	2391
8	71,5	111,4	4339	4140	2652	3278	2349	2391
9	72,8	110,6	4283	4216	2679	3249	2326	2403
10	76,7	110,8	4306	4163	2763	3198	2326	2348
11	77,1	108,6	4251	4137	2741	3185	2285	2316
12	77,0	109,9	4254	4121	2705	3220	2289	2241
13	77,3	108,7	4284	4015	2741	3257	2313	2300
14	79,2	109,8	4397	4000	2781	3271	2348	2268
15	80,7	112,9	4373	4085	2792	3289	2398	2236
16	81,9	115,6	4446	3961	2690	3327	2394	2198
17	79,8	116,3	4423	4011	2743	3341	2397	2241
18	77,3	117,1	4380	4094	2732	3363	2393	2196
19	77,8	118,6	4390	4099	2758	3381	2410	2143
20	80,1	121,1	4429	3960	2784	3409	2425	2174
21	81,9	124,2	4457	4007	2741	3394	2423	2136
22	80,4	122,9	4465	3844	2744	3403	2418	2312
23	78,4	123,8	4465	3991	2807	3386	2433	2262
24	79,3	121,8	4450	4089	2814	1400	2497	2163
25	80,9	122,9	4543	3939	2839	3370	2497	2163
26	82,3	124,3	4551	3889	2939	3346	2475	2172
27	83,9	123,8	4518	3865	2925	3321	2453	2135
28	86,3	123,1	4546	3930	2957	3361	2484	2139
29	92,1	123,9	4454	3943	2919	3345	2451	2034

30	91,0	124,4	4471	3711	2965	3328	2430	2077
31	98,0	124,4	4442	3828	2900	3257	2451	2059
32	96,4	125,5	4490	3816	2892	3244	2492	2003
33	93,3	122,6	4486	3627	2805	3288	2506	1894
34	93,6	123,2	4518	3580	2820	3320	2497	1879
35	93,5	126,9	4550	3471	2800	3321	2544	1710
36	97,1	128,4	4545	3307	2866	3355	2532	1770
37	101,7	132,3	4569	3261	2869	3375	2501	1585
38	100,1	136,9	4527	1040	2850	3389	2495	1735
39	101,8	140,1	4457	3008	2790	3380	2453	1894
40	101,1	140,9	446,1	3326	2787	3446	2456	1753
41	98,7	141,2	4395	3294	2867	3457	2448	1640
42	101,3	143,8	4443	3020	2805	3444	2493	1677
43	103,8	141,8	4409	3153	2844	3474	2486	1737
44	105,7	143,2	4510	3114	2398	3457	2518	1742
45	112,9	145,3	4514	3278	2996	2414	2516	1673
46	117,3	144,6	4465	3190	2995	3441	2502	1620
47	114,0	144,9	4435	3020	2932	3375	2470	1493
48	110,8	146,8	4353	3070	2984	3341	2310	1529
49	115,8	146,9	4527	2964	2988	3321	2529	1549
50	112,0	142,9	4374	2888	2983	3276	2483	1646

5.3-jadvalning davomi

	Topshiriqlar							
	9	10	11	12	13	14	15	16
1	72,1	1987	12,60	10,370	3,805	4,880	3,119	2,590
2	683	1019	12,67	10,000	3,750	4,985	3,120	2,550
3	690	1051	12,83	10,100	3,700	5,360	3,250	2,560
4	686	1094	12,80	10,330	4,020	5,300	3,365	2,570
5	734	1103	12,65	9,710	4,150	5,270	3,274	2,400
6	747	1072	12,78	9,300	4,340	5,240	3,320	2,300
7	749	1070	12,88	9,580	4,170	5,290	3,340	2,300
8	740	1089	12,84	4,000	5,260	4,000	3,280	2,400
9	761	1067	13,15	9,750	4,250	5,230	3,340	2,320
10	811	1073	13,43	9,700	4,330	5,100	3,300	2,350
11	817	105,3	12,94	9,900	4,370	5,045	3,120	2,450
12	815	1074	13,18	9,810	4,350	5,080	3,160	2,320
13	807	1064	13,30	9,230	4,250	5,070	3,160	2,150
14	807	1093	13,49	8,740	4,270	5,280	3,220	2,300
15	820	1136	13,32	9,200	4,331	5,325	3,170	2,195
16	835	1160	13,58	8,510	4,250	5,630	3,274	1,960
17	796	1160	13,45	8,100	3,890	5,695	3,210	1,920
18	775	1197	13,43	7,920	3,950	5,570	3,210	1,770

19	785	1194	13,42	7,830	4,180	5,699	3,150	1,770
20	821	1225	13,23	8,000	4,400	5,920	3,160	1,730
21	831	1247	13,35	7,400	4,400	6,050	3,195	1,475
22	803	1231	13,20	6,600	4,250	5,920	3,230	1,600
23	784	1246	13,26	7,000	4,340	6,000	3,215	1,750
24	815	1211	13,22	7,650	4,580	6,080	3,298	1,820
25	833	1249	13,25	8,500	4,550	6,080	3,380	1,640
26	856	1254	13,26	8,200	4,700	5,920	3,425	1,720
27	872	1242	13,40	8,130	4,930	5,930	3,400	1,840
28	898	1225	13,83	8,530	5,380	6,000	3,410	1,810
29	942	1249	14,90	8,400	5,330	6,040	3,430	1,670
30	938	1261	14,74	8,200	5,480	5,960	3,540	1,450
31	980	1255	14,64	7,250	5,730	5,930	3,470	1,720
32	948	1267	15,02	7,900	5,210	5,690	3,520	1,610
33	933	1225	14,97	7,620	5,240	5,750	3,540	1,580
34	936	1227	15,42	7,230	5,050	5,850	3,630	1,360
35	940	1271	15,40	6,320	5,500	5,950	3,670	1,320
36	971	1291	15,29	5,650	5,600	6,000	3,650	1,350
37	1024	1335	15,45	4,750	5,670	6,130	6,680	1,200
38	1001	1374	15,11	4,900	5,565	6,300	3,630	1,230
39	1014	1428	15,35	5,000	5,500	6,550	3,620	1,270
40	1018	1400	15,40	5,100	5,400	6,710	3,600	1,250
41	991	1441	14,90	5,120	5,515	6,880	3,610	1,250
42	1031	1434	15,19	4,950	5,450	6,740	3,580	1,020
43	1054	1409	15,16	4,180	5,580	6,600	3,590	1,000
44	1089	1433	15,10	4,250	6,020	6,750	3,550	1,050
45	1167	1446	14,93	4,100	6,195	6,700	3,510	1,025
46	1181	1447	14,81	4,350	6,200	6,510	3,475	0,960
47	1125	1448	14,28	4,150	5,780	6,680	3,465	0,920
48	1109	1461	14,60	3,970	5,910	6,800	3,480	0,760
49	1150	1474	14,47	3,540	5,700	6,630	3,345	0,700
50	1097	1421	14,43	3,150	5,745	6,150	3,360	0,650

5.3-jadvalning oxiri

	Topsjiriqlar								
	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	0,610	1,417	9,030	8,350	4,440	5,614	9,230	0,635	4,400
2	0,613	1,488	8,880	8,380	4,380	5,773	9,130	0,623	4,570
3	0,620	1,445	9,100	8,050	4,285	5,880	9,120	0,610	4,425
4	0,645	1,560	9,150	7,570	4,650	6,360	9,100	0,540	4,250
5	0,690	1,540	9,060	7,970	4,920	6,410	9,070	0,500	4,420
6	0,727	1,565	9,100	8,000	5,300	6,505	8,880	0,555	4,600
7	0,709	1,523	9,340	8,360	5,161	6,423	8,594	0,470	4,630

8	0,673	1,530	9,240	8,580	4,839	6,373	8,280	0,455	4,900
9	0,750	1,497	9,470	8,730	5,290	6,218	8,050	0,500	5,150
10	0,795	1,510	9,640	8,630	5,400	0,420	7,770	0,500	5,400
11	0,810	1,530	9,370	8,190	5,430	6,140	7,890	0,498	5,350
12	0,820	1,556	9,650	7,610	5,380	6,310	7,750	0,460	5,580
13	0,845	1,720	9,850	8,180	5,150	6,390	7,530	0,448	5,730
14	0,850	1,750	9,850	8,000	5,177	6,410	7,918	0,430	5,210
15	0,885	1,795	9,840	7,400	5,373	6,544	8,190	0,427	5,240
16	0,865	1,880	9,940	7,620	5,360	6,700	7,879	0,412	5,250
17	0,783	1,890	9,820	7,250	4,999	6,815	7,400	0,414	5,540
18	0,800	1,840	9,950	7,150	5,070	6,850	7,380	0,445	5,680
19	0,835	1,880	9,870	6,330	5,325	6,868	7,200	0,465	5,680
20	0,830	1,940	9,740	5,500	5,370	7,050	7,347	0,490	5,570
21	0,768	2,057	9,870	6,000	5,100	7,430	7,450	0,549	5,500
22	0,768	2,055	9,730	6,650	4,810	7,550	7,514	0,553	5,400
23	0,788	1,900	9,690	7,500	4,971	7,450	7,480	0,530	5,570
24	0,838	1,885	9,720	7,450	5,370	7,450	7,640	0,505	5,610
25	0,874	1,850	9,650	8,000	5,450	7,545	7,800	0,425	5,780
26	0,885	1,980	9,810	7,800	5,500	7,580	7,650	0,414	6,190
27	0,885	1,980	9,760	7,400	5,400	7,605	7,550	0,400	6,280
28	0,930	1,930	9,840	7,300	5,750	7,433	7,770	0,395	6,200
29	0,975	1,940	10,700	6,350	5,680	7,300	7,600	0,415	8,800
30	1,000	2,030	10,990	6,750	5,620	7,610	7,605	0,404	6,050
31	1,090	2,030	11,170	6,380	5,970	7,610	7,700	0,397	5,750
32	0,975	2,013	11,790	5,800	5,483	7,610	7,800	0,380	5,745
33	1,020	1,940	11,650	5,200	5,500	7,390	7,800	0,402	5,850
34	0,990	1,940	11,620	4,200	5,280	7,347	7,940	0,435	5,970
35	1,080	1,992	11,250	3,500	5,750	7,680	8,000	0,445	5,700
36	1,120	2,050	11,280	4,300	5,700	7,842	8,000	0,439	5,710
37	1,241	2,120	11,340	4,000	5,950	7,950	8,110	0,465	5,610
38	1,225	2,260	11,200	3,800	5,892	8,130	8,069	0,495	5,200
39	1,280	2,153	11,470	4,200	5,880	8,500	8,066	0,490	5,180
40	1,245	2,417	11,850	3,800	5,860	8,520	8,150	0,500	5,000
41	1,300	2,400	11,450	3,500	6,009	8,430	8,080	0,495	4,910
42	1,305	2,400	11,900	3,850	6,100	8,370	8,040	0,525	4,850
43	1,400	2,335	11,910	3,750	6,550	8,490	8,130	0,630	4,850
44	1,550	2,260	12,100	4,000	6,999	8,370	7,950	0,650	4,970
45	1,660	2,410	12,060	3,500	7,000	8,550	7,920	0,710	4,905
46	1,765	2,375	11,900	3,600	7,240	8,380	7,740	0,744	5,260
47	1,565	2,420	11,450	3,300	6,570	8,340	7,700	0,795	5,220
48	1,700	2,447	11,900	3,000	6,750	8,620	7,610	0,657	5,140
49	1,620	2,430	11,850	2,790	6,317	8,453	7,590	0,760	5,035

50	1,550	2,355	11,860	3,250	6,500	8,228	7,650	0,725	4,680
----	-------	-------	--------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Topish kerak.

1. Y_t qatorni nostandartlik va 3 dan yuqori bo‘lmagan tartibgacha integrallashni Dik-Fullyer testi yordamida tekshiring.

2. $p=2$, $q=2$ dan yuqori bo‘lmagan tartibli Y_t vaqtli qatorning $ARIMA(p,d,q)$ modelini quring. (R^2 ning eng kichik qiymati va $\sum \varepsilon^2 = \sum (\hat{y}_t - y_t)^2$ qoldiqlar kvadratlari yig‘indisining eng kichik qiymatiga, Akaike AIC axborotli kriteriysining eng kichik qiymatiga ega bo‘lgan mavjud modellardan eng yaxshilari saralab olinadi).

3. 1 va 2 qadam oldindan olingan model bo‘yicha taxminiy qiymatlarini hisoblang.

ILOVALAR

1-ilova. Laplas funksiyasi

$$\Phi(e) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^e e^{-\frac{t^2}{2}} dt = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-e}^0 e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,0	0,0040	0,0080	0,0120	0,0160	0,0199	0,0239	0,0279	0,0319	0,0359
0,1	0,0398	0,0438	0,0478	0,0517	0,0557	0,0596	0,0636	0,0675	0,0714	0,0753
0,2	0,0793	0,0832	0,0871	0,0910	0,0948	0,0987	0,1026	0,1064	0,1103	0,1141
0,3	0,1179	0,1217	0,1255	0,1293	0,1331	0,1368	0,1406	0,1443	0,1480	0,1517
0,4	0,1554	0,1591	0,1628	0,1664	0,1700	0,1736	0,1772	0,1808	0,1844	0,1879
0,5	0,1915	0,1950	0,1985	0,2019	0,2054	0,2088	0,2123	0,2157	0,2190	0,2224
0,6	0,2257	0,2291	0,2324	0,2357	0,2389	0,2422	0,2454	0,2486	0,2517	0,2549
0,7	0,2580	0,2611	0,2642	0,2673	0,2704	0,2734	0,2764	0,2794	0,2823	0,2852
0,8	0,2881	0,2910	0,2939	0,2967	0,2995	0,3023	0,3051	0,3078	0,3106	0,3133
0,9	0,3159	0,3186	0,3212	0,3238	0,3264	0,3289	0,3315	0,3340	0,3365	0,3389
1	0,3413	0,3438	0,3461	0,3485	0,3508	0,3531	0,3554	0,3577	0,3599	0,3621
1,1	0,36,43	0,3665	0,3686	0,3708	0,3729	0,3749	0,3770	0,3790	0,3810	0,3830
1,2	0,3849	0,3869	0,3888	0,3907	0,3925	0,3944	0,3962	0,3980	0,3997	0,4015
1,3	0,4032	0,4049	0,4066	0,4082	0,4099	0,4115	0,4131	0,4147	0,4162	0,4177
1,4	0,4192	0,4207	0,4222	0,4236	0,4251	0,4265	0,4279	0,4292	0,4306	0,4319
1,5	0,4332	0,4345	0,4357	0,4370	0,4382	0,4394	0,4406	0,4418	0,4429	0,4441
1,6	0,4452	0,4463	0,4474	0,4484	0,4495	0,4505	0,4515	0,4525	0,4535	0,4545
1,7	0,4454	0,4564	0,4573	0,4582	0,4591	0,4599	0,4608	0,4616	0,4625	0,4633
1,8	0,4641	0,4649	0,4656	0,4664	0,4671	0,4678	0,4686	0,4693	0,4699	0,4706
1,9	0,4713	0,4719	0,4726	0,4732	0,4738	0,4744	0,4750	0,4756	0,4761	0,4767
2	0,4772	0,4778	0,4783	0,4788	0,4793	0,4798	0,4803	0,4808	0,4812	0,4817
2,1	0,4821	0,4826	0,4830	0,4834	0,4838	0,4842	0,4846	0,4850	0,4854	0,4857
2,2	0,4861	0,4864	0,4868	0,4871	0,4875	0,4878	0,4881	0,4884	0,4887	0,4890
2,3	0,4893	0,4896	0,4898	0,4901	0,4904	0,4906	0,4909	0,4911	0,4913	0,4916
2,4	0,4918	0,4920	0,4922	0,4925	0,4927	0,4929	0,4931	0,4932	0,4934	0,4936
2,5	0,4938	0,4940	0,4941	0,4943	0,4945	0,4946	0,4948	0,4949	0,4951	0,4952
2,6	0,4953	0,4955	0,4956	0,4957	0,4959	0,4960	0,4961	0,4962	0,4963	0,4964
2,7	0,4965	0,4966	0,4967	0,4968	0,4969	0,4970	0,4971	0,4972	0,4973	0,4974
2,8	0,4974	0,4975	0,4976	0,4977	0,4977	0,4978	0,4979	0,4979	0,4980	0,4981
2,9	0,4981	0,4982	0,4982	0,4983	0,4984	0,4984	0,4985	0,4985	0,4986	0,4986
3	0,4987	0,4987	0,4987	0,4988	0,4988	0,4989	0,4989	0,4989	0,4990	0,4990
3,1	0,4990	0,4991	0,4991	0,4991	0,4991	0,4992	0,4992	0,4992	0,4993	0,4993
3,2	0,4991	0,4993	0,4994	0,4994	0,4994	0,4994	0,4994	0,4995	0,4995	0,4995
3,3	0,4995	0,4995	0,4995	0,4996	0,4996	0,4996	0,4996	0,4996	0,4996	0,4997
3,4	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4998
3,5	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998

2-ilova. Student taqsimotining k ozodlik darajalari soni va α qiymatdorlik darajasi bo'yicha kritik nuqtalari

$\alpha \backslash k$	0,1	0,05	0,025	0,02	0,01	0,005	0,001
1	6,31	12,71	25,45	3182	63,66	127,32	636,62
2	2,92	4,30	6,21	6,96	9,92	14,09	31,60
3	2,35	3,18	4,18	4,54	5,84	7,45	12,92
4	2,13	2,78	3,50	3,75	4,60	5,60	8,61
5	2,02	2,57	3,16	3,36	4,03	4,77	6,87
6	1,94	2,45	2,97	3,14	3,71	4,32	5,96
7	1,89	2,36	2,84	3,00	3,50	4,03	5,41
8	1,86	2,31	2,75	2,90	3,36	3,83	5,04
9	1,83	2,26	2,69	2,82	3,25	3,69	4,78
10	1,81	2,23	2,63	2,76	3,17	3,58	4,59
11	1,80	2,20	2,59	2,72	3,11	3,50	4,44
12	1,78	2,18	2,56	2,68	3,05	3,43	4,32
13	1,77	2,10	2,53	2,65	3,01	3,37	4,22
14	1,76	2,14	2,51	2,62	2,98	3,33	4,14
15	1,75	2,13	2,49	2,60	2,95	3,29	4,07
16	1,75	2,12	2,47	2,58	2,92	3,25	4,01
17	1,74	2,11	2,46	2,57	2,90	3,22	3,97
18	1,73	2,10	2,45	2,55	2,88	3,20	3,92
19	1,73	2,09	2,43	2,54	2,86	3,17	3,88
20	1,72	2,09	2,42	2,53	2,85	3,15	3,85
21	1,72	2,07	2,41	2,52	2,83	3,14	3,82
22	1,72	2,07	2,41	2,51	2,82	3,12	3,79
23	1,71	2,06	2,40	2,50	2,81	3,10	3,77
24	1,71	2,06	2,39	2,49	2,80	3,09	3,75
25	1,71	2,06	2,38	2,49	2,79	3,08	3,73
26	1,71	2,06	2,38	2,48	2,78	3,07	3,71
27	1,70	2,05	2,37	2,47	2,77	3,06	3,69
28	1,70	2,05	2,37	2,47	2,76	3,05	3,67
29	1,70	2,05	2,36	2,46	2,76	3,04	3,66
30	1,70	2,04	2,36	2,46	2,75	3,03	3,65
35	1,69	2,03	2,34	2,44	2,72	3,00	3,59
40	1,68	2,02	2,33	2,42	2,70	2,97	3,55
45	1,68	2,01	2,32	2,41	2,69	2,95	3,2
50	1,68	2,01	2,31	2,40	2,68	2,94	3,50
60	1,67	2,00	2,30	2,39	2,66	2,91	3,46
70	1,67	1,99	2,29	2,38	2,65	2,90	3,44
80	1,66	1,99	2,28	2,37	2,64	2,89	3,42
100	1,66	1,98	2,28	2,36	2,63	2,87	3,39
∞	1,64	1,96	2,24	2,33	2,58	2,81	3,29

3-ilova. Fisherning $\alpha=0,05$ qiymatdorlik darajasi bo'yicha kritik nuqtalari

$\begin{matrix} k_1 \\ k_2 \end{matrix}$	1	2	3	4	5	6	8	12	24	∞
1	161,45	199,50	215,71	224,58	230,16	233,99	238,88	243,91	249,05	254,31
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,37	19,41	19,45	19,50
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,85	8,74	8,64	8,53
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,04	5,91	5,77	5,63
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,82	4,68	4,53	4,36
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,15	4,00	3,84	3,67
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,73	3,57	3,41	3,23
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,44	3,28	3,12	2,93
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,23	3,07	2,90	2,71
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,07	2,91	2,74	2,54
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	2,95	2,79	2,61	2,40
12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00	2,85	2,69	2,51	2,30
13	4,67	3,81	3,41	3,18	3,03	2,92	2,77	2,60	2,42	2,21
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,70	2,53	2,35	2,13
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,64	2,48	2,29	2,07
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,59	2,42	2,24	2,01
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,55	2,38	2,19	1,96
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,51	2,34	2,15	1,92
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,48	2,31	2,11	1,88
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,45	2,28	2,08	1,84
21	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,42	2,25	2,05	1,81
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,40	2,23	2,03	1,78
23	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,37	2,20	2,01	1,76
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,36	2,18	1,98	1,73
25	4,24	3,39	2,99	2,76	2,60	2,49	2,34	2,16	1,96	1,71
26	4,23	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,32	2,15	1,95	1,69
27	4,21	3,35	2,96	2,73	2,57	2,46	2,31	2,13	1,93	1,67
28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,45	2,29	2,12	1,91	1,65
29	4,18	3,33	2,93	2,70	2,55	2,43	2,28	2,10	1,90	1,64
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,27	2,09	1,89	1,62
35	4,12	3,27	2,87	2,64	2,49	2,37	2,22	2,04	1,83	1,56
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,18	2,00	1,79	1,51
45	4,06	3,20	2,81	2,58	2,42	2,31	2,15	1,97	1,76	1,47
50	4,03	3,18	2,79	2,56	2,40	2,29	2,13	1,95	1,74	1,44
60	4,00	3,15	2,76	2,53	2,37	2,25	2,10	1,92	1,70	1,39
70	3,98	3,13	2,74	2,50	2,35	2,23	2,07	1,89	1,67	1,35
80	3,96	3,11	2,72	2,49	2,33	2,21	2,06	1,88	1,65	1,32
90	3,95	3,10	2,71	2,47	2,32	2,20	2,04	1,86	1,64	1,30
100	3,94	3,09	2,70	2,46	2,31	2,19	2,03	1,85	1,63	1,28
∞	3,84	3,00	2,60	2,37	2,21	2,10	1,94	1,75	1,52	1,00

4-ilova. Fisherning $\alpha=0,01$ qiymatdorlik darajasi bo'yicha kritik nuqtalari

$\frac{k_1}{k_2}$	1	2	3	4	5	6	8	12	24	∞
1	4052,18	4999,50	5403,35	5624,58	5763,65	5858,99	5981,07	6106,32	6234,63	6365,86
2	98,50	99,00	99,17	99,25	99,30	99,33	99,37	99,42	99,46	99,50
3	34,20	30,82	29,46	28,71	28,24	27,91	27,49	27,05	26,60	26,13
4	21,20	18,00	16,69	15,98	15,52	15,21	14,80	14,37	13,93	13,46
5	16,26	13,27	12,06	11,39	10,97	10,67	10,29	9,89	9,47	9,02
6	13,75	10,92	9,78	9,15	8,75	8,47	8,10	7,72	7,31	6,88
7	12,25	9,55	8,45	7,85	7,46	7,19	6,84	6,47	6,07	5,65
8	11,26	8,65	7,59	7,01	6,63	6,37	6,03	5,67	5,28	4,86
9	10,56	8,02	6,99	6,42	6,06	5,80	5,47	5,11	4,73	4,31
10	10,04	7,56	6,55	5,99	5,64	5,39	5,06	4,71	4,33	3,91
11	9,65	7,21	6,22	5,67	5,32	5,07	4,74	4,40	3,02	3,60
12	9,33	6,93	5,95	5,41	5,06	4,82	4,50	4,16	3,78	3,36
13	9,07	6,70	5,74	5,21	4,86	4,62	4,30	3,96	3,59	3,17
14	8,86	6,51	5,56	5,04	4,69	4,46	4,14	3,80	3,43	3,00
15	8,68	6,36	5,42	4,89	4,56	4,32	4,00	3,67	3,29	2,87
16	8,53	6,23	5,29	4,77	4,44	4,20	3,89	3,55	3,18	2,75
17	8,40	6,11	5,18	4,67	4,34	4,10	3,79	3,46	3,08	2,65
18	8,29	6,01	5,09	4,58	4,25	4,01	3,71	3,37	3,00	2,57
19	8,18	5,93	5,01	4,50	4,17	3,94	3,63	3,30	2,92	2,49
20	8,10	5,85	4,94	4,43	4,10	3,87	3,56	3,23	2,86	2,42
21	8,02	5,78	4,87	4,37	4,04	3,81	3,51	3,17	2,80	2,36
22	7,95	5,72	4,82	4,31	3,99	3,76	3,45	3,12	2,73	2,31
23	7,88	5,66	4,76	4,26	3,94	3,71	3,41	3,07	2,70	2,26
24	7,82	5,61	4,72	4,22	3,90	3,67	3,36	3,03	2,66	2,21
25	7,77	5,57	4,68	4,18	3,85	3,63	3,32	2,99	2,62	2,17
26	7,72	5,53	4,64	4,14	3,82	3,59	3,29	2,96	2,58	2,13
27	7,68	5,49	4,60	4,11	3,78	3,56	3,26	2,93	2,55	2,10
28	7,64	5,45	4,57	4,07	3,75	3,53	3,23	2,90	2,52	2,06
29	7,60	5,42	4,54	4,04	3,73	3,50	3,20	2,87	2,49	2,03
30	7,56	5,39	4,51	4,02	3,70	3,47	3,17	2,84	2,47	2,01
35	7,42	5,27	4,40	3,91	3,59	3,37	3,07	2,74	2,36	1,89
40	7,41	5,18	4,31	3,83	3,51	3,29	2,99	2,66	2,29	1,80
45	7,23	5,11	4,25	3,77	3,45	3,23	2,94	2,61	2,23	1,74
50	7,17	5,06	4,20	3,72	3,41	3,19	2,89	2,56	2,18	1,68
60	7,08	4,98	4,13	3,65	3,34	3,12	2,82	2,50	2,12	1,60
70	7,01	4,92	4,07	3,60	3,29	3,07	2,78	2,45	2,07	1,54
80	6,96	4,88	4,04	3,56	3,26	3,04	2,74	2,42	2,03	1,49
90	6,93	4,85	4,01	3,53	3,23	3,01	2,72	2,39	2,00	1,46
100	6,90	4,82	3,98	3,51	3,21	2,99	2,69	2,37	1,98	1,43
∞	6,63	4,61	3,78	3,32	3,02	2,80	2,51	2,18	1,79	1,00

5-ilova. Pirsonning $\chi^2_{\alpha;k}$ kriteriyasi nuqtalari

k ozodlik darajalari soni	α ehtimollik												
	0,99	0,98	0,95	0,90	0,80	0,70	0,50	0,30	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01
1	0,00	0,00	0,00	0,02	0,06	0,15	0,45	1,07	1,64	2,71	3,84	5,41	6,64
2	0,02	0,04	0,10	0,21	0,45	0,71	1,39	2,41	3,22	4,00	5,99	7,82	9,21
3	0,11	0,18	0,35	0,58	1,00	1,42	2,37	3,66	4,64	6,25	7,82	9,84	11,3
4	0,30	0,43	0,71	1,06	1,65	2,20	3,36	4,88	5,99	7,78	9,49	11,7	13,3
5	0,55	0,75	1,14	1,61	2,34	3,00	4,35	6,06	7,29	9,24	11,1	13,4	15,1
6	0,87	1,13	1,63	2,20	3,07	3,83	5,35	7,23	8,56	10,6	12,6	15,0	16,8
7	1,24	1,56	2,17	2,83	3,82	4,67	6,35	8,38	9,80	12,0	14,1	16,6	18,5
8	1,65	2,03	2,73	3,49	4,59	5,53	7,34	9,52	11,0	13,4	15,5	18,2	20,1
9	2,09	2,53	3,32	4,17	5,38	6,39	8,34	10,7	12,2	14,7	16,9	19,7	21,7
10	2,56	3,06	2,94	4,86	6,18	7,27	9,34	11,8	13,4	16,0	18,3	21,2	23,2
11	3,05	3,61	4,58	5,58	6,99	8,15	10,3	12,9	14,6	17,3	19,7	22,6	24,7
12	3,57	4,18	5,23	6,30	7,81	9,03	11,3	14,0	15,8	18,5	21,0	24,1	26,2
13	4,11	4,76	5,89	7,04	8,63	9,93	12,3	15,1	17,0	19,8	22,4	25,5	27,7
14	4,66	5,37	6,57	7,79	9,47	10,8	13,3	16,2	18,1	21,1	23,7	26,9	29,1
15	5,23	5,98	7,26	8,55	10,3	11,7	14,3	17,3	19,3	22,3	25,0	28,3	30,6
16	5,81	6,61	7,96	9,31	11,1	12,6	15,3	18,4	20,5	23,5	26,3	29,6	32,0
17	6,41	7,26	8,07	10,1	12,0	13,5	16,3	19,5	21,6	24,8	27,6	31,0	33,4
18	7,02	7,91	9,39	10,9	12,9	14,4	17,3	20,6	22,8	26,0	28,9	32,3	34,8
19	7,63	8,57	10,1	11,6	13,7	15,3	18,3	21,7	23,9	27,2	30,1	33,7	36,2
20	8,26	9,24	10,8	12,4	14,6	16,3	19,3	22,8	25,0	28,4	31,4	35,0	37,6
21	8,90	9,92	11,5	13,2	15,4	17,2	20,3	23,9	26,2	29,6	32,7	36,3	38,9
22	9,54	10,6	12,3	14,0	16,3	18,1	21,3	24,9	27,3	30,8	33,9	37,7	40,3
23	10,2	11,3	13,1	14,8	17,2	19,0	22,3	26,0	28,4	32,0	35,2	39,0	41,6
24	10,9	12,0	13,8	15,7	18,1	19,9	23,3	27,1	29,6	33,2	30,4	40,3	43,0
25	11,5	12,7	14,6	16,5	18,9	20,9	24,3	28,2	30,7	34,4	37,7	41,7	44,3
26	12,2	13,4	15,4	17,3	19,8	21,8	25,3	29,2	31,8	35,6	38,9	42,9	45,6
27	12,9	14,1	16,1	18,1	20,7	22,7	26,3	34,9	32,9	36,7	40,1	44,1	47,0
28	13,6	14,8	16,9	18,9	21,6	23,6	27,3	34,1	34,0	37,9	41,3	45,4	48,3
29	14,3	15,6	17,7	19,8	22,5	24,6	28,3	32,5	35,1	39,1	42,6	46,7	49,6
30	14,9	16,3	18,5	20,6	23,4	25,5	29,3	33,5	36,2	40,3	43,8	48,0	50,9

6-ilova. $\alpha=0,05$ qiymatdorlik darajasi bo'yicha Darbin-Uotsonning $d_L d_U$ statistik nuqtalari
(n – kuzatishlar soni, m – o'rganilayotgan o'zgaruvchilar soni)

n	$m=1$		$m=2$		$m=3$		$m=4$		$m=5$	
	d_L	d_U	d_L	d_U	d_L	d_U	d_L	d_U	d_L	d_U
	0,61	1,40	-	-	-	-				
7	0,70	1,36	0,47	1,90	-	-				
8	0,76	1,33	0,56	1,78	0,37	2,29				
9	0,82	1,32	0,63	1,70	0,46	2,13				
10	0,88	1,32	0,70	1,64	0,53	2,02				
11	0,93	1,32	0,66	1,60	0,60	1,93				
12	0,97	1,33	0,81	1,58	0,66	1,86				
13	1,01	1,34	0,86	1,56	0,72	1,82				
14	1,05	1,35	0,91	1,55	0,77	1,78				
15	1,08	1,36	0,95	1,54	0,82	1,75	0,69	1,97	0,56	2,21
16	1,10	1,37	0,98	1,54	0,86	1,73	0,74	1,93	0,62	2,15
17	1,13	1,38	1,02	1,54	0,90	1,71	0,78	1,90	0,67	2,10
18	1,16	1,39	1,05	1,53	0,93	1,69	0,82	1,87	0,71	2,06
19	1,18	1,40	1,08	1,53	0,97	1,68	0,86	1,85	0,75	2,02
20	1,20	1,41	1,10	1,54	1,00	1,68	0,90	1,83	0,79	1,99
21	1,22	1,42	1,13	1,54	1,03	1,67	0,93	1,81	0,83	1,96
22	1,24	1,43	1,15	1,54	1,05	1,66	0,96	1,80	0,86	1,94
23	1,26	1,44	1,17	1,54	1,08	1,66	0,99	1,79	0,90	1,92
24	1,27	1,45	1,19	1,55	1,10	1,66	1,01	1,78	0,93	1,90
25	1,29	1,45	1,21	1,55	1,12	1,66	1,04	1,77	0,95	1,89
26	1,30	1,46	1,22	1,55	1,14	1,65	1,06	1,76	0,98	1,88
27	1,32	1,47	1,24	1,56	1,16	1,65	1,08	1,76	1,01	1,86
28	1,33	1,48	1,26	1,56	1,18	1,65	1,10	1,75	1,03	1,85
29	1,34	1,48	1,27	1,56	1,20	1,65	1,12	1,74	1,05	1,84
30	1,35	1,49	1,28	1,57	1,21	1,65	1,14	1,74	1,07	1,83
31	1,36	1,50	1,30	1,57	1,23	1,65	1,16	1,74	1,09	1,83
32	1,37	1,50	1,31	1,57	1,24	1,65	1,18	1,73	1,11	1,82
33	1,38	1,51	1,32	1,58	1,26	1,65	1,19	1,73	1,13	1,18
34	1,39	1,51	1,33	1,58	1,27	1,65	1,21	1,73	1,15	1,81
35	1,40	1,52	1,34	1,58	1,28	1,65	1,22	1,73	1,16	1,80
36	1,41	1,52	1,35	1,59	1,29	1,65	1,24	1,73	1,18	1,80
37	1,42	1,53	1,36	1,59	1,31	1,66	1,25	1,72	1,19	1,80
38	1,43	1,53	1,37	1,59	1,32	1,66	1,26	1,72	1,21	1,79
39	1,43	1,54	1,38	1,60	1,33	1,66	1,27	1,72	1,22	1,79
40	1,44	1,54	1,39	1,60	1,34	1,66	1,28	1,72	1,23	1,78
100	1,65	1,69	1,63	1,72	1,61	1,74	1,59	1,76	1,57	1,78

7-ilova. f -kriteriyaning DF-, ADF, PP-testlari uchun kritik nuqtalari

Ahamiyatlilik darajasi	Funksiya tipi		
	Bog'liqlik parametrlarisiz va trend	Bog'liqlik parametrlari bilan	Bog'liqlik parametrlari bilan va trend
	T=25		
0,01	-2,66	-3,75	-4,38
0,025	-2,26	-3,33	-3,95
0,05	-1,95	-3,00	-3,60
	T=50		
0,01	-2,62	-3,58	-4,15
0,025	-2,25	-3,22	-3,80
0,05	-1,95	-2,93	-3,50
	T=100		
0,01	-2,60	-3,51	-4,04
0,025	-2,24	-3,17	-3,69
0,05	-1,95	-2,89	-3,45
	T= ∞		
0,01	-2,58	-3,43	-3,96
0,025	-2,23	-3,12	-3,66
0,05	-1,951	-2,86	-3,41

8-ilova. Ms Excelda funksiyalar tavsifi

Ma'nosi	Belgisi	Funksiya
Fisher F -kriteriyasining k_1, k_2 ozodlik darajalari soni va α qiymatdorlik darajasi bo'yicha kritik nuqtalari	F_{krit}	F.OBR.PX($\alpha; k_1; k_2$)
Styudent t -kriteriyasining k ozodlik darajalari soni va α qiymatdorlik darajasi bo'yicha kritik nuqtalari	t_{krit}	STYUDENT.OBR.2X($\alpha; k$)
$1-\alpha/2$ bo'yicha standart normal taqsimot kvantili	$t_{1-\alpha/2}$	NORM.ST.OBR($1-\alpha/2$)
O'rtacha kvadratik chyetlanish	σ	STANDOTKLON()
O'rtacha qiymat	$\bar{x}$	SRZNACH()
Fisher almashtirishi	$z=Z(r)$	FISHER(r)
Fisherning tyeskari almashtirishi	$r=Z^{-1}(z)$	FISHEROBR(z)
Korrelyatsiya koeffitsiyentini hisoblash	r_{xy}	KORRYEL()

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Berkinov B.B. Ekonometrika. O'quv qo'llanma. T.: Fan va texnologiya, 2015.
2. Айвазян С.А., Иванова С.С. Эконометрика. Учебное пособие. М.: Маркет ДС, 2007.
3. Айвазян С.А. Методы эконометрики. Учебник. М.: Магистр Инфра-М, 2010.
4. Абдуллаев О.М., Ходиев Б.Ю., Ишназаров А.И. Эконометрика. Учебник. –Т.: Фан ва технология, 2007.
5. Доугерти К. Введение в эконометрику: Учебник. -М.: ИНФРА-М, 2009.
6. Елисеева. И.И., Курышева С.В. и др. Эконометрика: Учебник. - М.: Финансы и статистика, 2008.
7. Елисеева. И.И., Курышева С.В. и др. Практикум по эконометрике: Учебное пособие. - М.: Финансы и статистика, 2003.
8. Кремер Н.Ш., Б.А.Путко Эконометрика: Учебник. – М.: ЮНИТИ, 2010.
9. Кремер Н.Ш., Б.А.Путко Эконометрика: Учебник. – М.: Юрайт, 2018.
10. Магнус Я.Р., Катышев П.К., Пересецкий А.А. Эконометрика: Начальный курс. Учебник. – М.: Издательство «Дело», 2004.
11. Шанченко Н.И. Эконометрика: лабораторный практикум. Учебное пособие. – Ульяновск: УлГТУ, 2011.

Mundarija

Soʻz boshi	3
1. Juft korrelyasiya va regressiya	4
1.1. Uslubiy koʻrsatmalar.....	4
1.1.1. Korrelyatsiya koeffitsiyenti va uning ahamiyatligi.....	4
1.1.2. Regressiya tenglamasini qurish	7
1.1.3. Regressiya tenglamasini ahamiyatligini baholash.....	10
1.2. Masalalarni yechish boʻyicha naʼmunalar.....	14
1.3. Masalalarni axborot texnologiyalarini qoʻllab yechish.....	34
1.4. Nazorat topshiriqlari.....	43
2. Koʻp omilli regressiya va korrelyasiya	54
2.1. Uslubiy koʻrsatmalar.....	54
2.1.1. Koʻp omilli regressiya tenglamasini qurish.....	54
2.1.2. Koʻp omilli regressiya tenglamasi parametrlarini baholash	57
2.2. Masalalarni yechish boʻyicha naʼmunalar.....	60
2.3. Masalalarni axborot texnologiyalarini qoʻllab yechish.....	66
2.4. Nazorat topshiriqlari.....	82
3. Ekonometrik tenglamalar tizimi	101
3.1. Uslubiy koʻrsatmalar.....	101
3.1.1. Modelning tuzilishi va keltirilgan shakllari	101
3.1.2. Keltirilgan model shaklsi parametrlarini baholash	104
3.2. Masalalarni yechish boʻyicha naʼmunalar.....	105
3.3. Masalalarni axborot texnologiyalarini qoʻllab yechish.....	118
3.4. Nazorat topshiriqlari.....	123
4. Ekonometrikada vaqtli qatorlar	140
4.1. Uslubiy koʻrsatmalar.....	140
4.1.1. Dinamik modellarning umumiy tavsifi.....	140
4.1.2. Dinamik modellar parametrlar interpretasiyasi.....	141
4.1.3. Avtoregressiya modellari parametrlarini baholash.....	143
4.2. Masalalarni axborot texnologiyalarini qoʻllab yechish.....	144
4.3. Nazorat topshiriqlari.....	149
5. Stoxastik jarayonlarning chiziqli modellari.....	171
5.1. Uslubiy koʻrsatmalar.....	171
5.1.1. Stasionar stoxastik jarayonlar	171
5.1.2. Stasionar vaqtli qatorlarning chiziqli modeli. ARMA	172

jarayonlari.....	
5.1.3. Avtokorrelyatsion funksiyalar	174
5.1.4. ARMA jarayonlarni prognozlash	175
5.1.5. Nostasionar integrallanuvchi jarayonlar.....	175
5.1.6. ARIMA modellari	177
5.2. Masalalarni axborot texnologiyalarini qo‘llab yechish.....	179
5.3. Nazorat topshiriqlari.....	188
Ilovalar	193
1-ilova. Laplas funksiyasi	193
2-ilova. Styudent taqsimotining k ozodlik darajalari soni va α qiymatdorlik darajasi bo‘yicha kritik nuqtalari	194
3-ilova. Fisherning $\alpha=0,05$ qiymatdorlik darajasi bo‘yicha kritik nuqtalari	195
4-ilova. Fisherning $\alpha=0,01$ qiymatdorlik darajasi bo‘yicha kritik nuqtalari.....	196
5-ilova. Pirsonning $\chi^2_{\alpha;k}$ kriteriyasi nuqtalari	197
6-ilova. $\alpha=0,05$ qiymatdorlik darajasi bo‘yicha Darbin-Uotsonning dL dU statistik nuqtalari	198
7-ilova. f-kriteriyaning DF-, ADF, PP-testlari uchun kritik nuqtalari.....	199
8-ilova. Ms Excelda funksiyalar tavsifi.....	199
Foydalanilgan adabiyotlar.....	200

D.TOSHPO‘LATOV, B.EGAMBERDIYEVA

EKONOMETRIKADAN AMALIY MASHG‘ULOTLAR

Muharrir: X. Tahirov
Texnik muharrir: S. Meliquziyeva
Musahhih: M. Yunusova
Sahifalovchi: A. Muhammad

Nashr. lits № 2244. 25.08.2020 y.
Bosishga ruxsat etildi 20.06.2022.
Bichimi 84x108 $\frac{1}{32}$. Ofset qog‘ozi. “Times New Roman”
garniturası. Hisob-nashr tabog‘i. 12,5.
Adadi 100 dona. Buyurtma № 81.

«ZEBO PRINT» MCHJ bosmaxonasida chop etildi.
Manzil: Toshkent sh., Yashnobod tumani, 22-harbiy shaharcha