



## CHIZIQLI REGRESSIYA MODELIDAN FOYDALANIB IQTISODIY JARAYONLARNI MODELLASHTIRISHDA (O'ZBEKISTON MAKROIQTISODIY KO'RSATKICHLARI MISOLIDA)

*Karshiboyev Kh.K.*

*Samarkand Institute of Economics and Service,  
Head of the Department of “Higher Mathematics”,  
Associate Professor, PhD. [karshiboev@mail.ru](mailto:karshiboev@mail.ru)*

***Annotatsiya:** Ushbu maqolada iqtisodiy o'zgaruvchilar o'rtasidagi sabab-oqibat bog'liqligini matematik modellashtirishda juft chiziqli regressiya modellarining o'rni tadqiq etilgan. Ekonometrikaning fundamental usuli bo'lgan Eng kichik kvadratlar usuli (EKK) va uning Gauss-Markov shartlari nazariy jihatdan tahlil qilingan. Amaliy qismda O'zbekiston Respublikasining 2017–2022 yillardagi makroiqtisodiy statistikasi asosida investitsiyalar hajmining Yalpi Ichki Mahsulotga (YaIM) ta'siri ekonometrik jihatdan baholangan.*

***Kalit so'zlar:** chiziqli regressiya, eng kichik kvadratlar usuli, Gauss-Markov teoremasi, makroiqtisodiy modellashtirish, YaIM, investitsiya, determinatsiya koeffitsiyenti, ekonometrika.*

### **Kirish**

Zamonaviy sharoitda iqtisodiy tizimlar tobora murakkablashib bormoqda. Bunday sharoitda makroiqtisodiy barqarorlikni ta'minlash, mikroiqtisodiy darajada esa korxonalar faoliyatini optimallashtirish faqatgina sifatli (deskriptiv) tahlillar bilangina amalga oshirilmaydi. Har qanday iqtisodiy qaror — u xoh davlat byudjetini taqsimlash bo'lsin, xoh korxonaning marketing strategiyasini belgilash bo'lsin — aniq miqdoriy hisob-kitoblarga, empirik ma'lumotlarga va prognozlarga tayanishi shart.



Iqtisodiy jarayonlar hech qachon yakkalanib (izolyatsiyada) yuz bermaydi. Masalan, inflyatsiya darajasi foiz stavkalariga, aholi daromadlari iste'mol hajmiga, investitsiyalar esa YaIM o'sishiga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Ushbu ko'rsatkichlar o'rtasidagi sabab-oqibat bog'liqligini aniqlash, ularning ta'sir kuchini matematik o'lchash va kelajakdagi holatni bashorat qilishda korelyatsion-regressiya tahlili, xususan, chiziqli regressiya modellari (Linear Regression Models) eng fundamental va ishonchli ekonometrik vosita hisoblanadi.

Ushbu maqolaning asosiy maqsadi — iqtisodiy o'zgaruvchilar o'rtasidagi munosabatlarni modellashtirishda chiziqli regressiya tenglamalarini tuzish algoritmini ko'rib chiqish, model sifatini baholash mezonlarini tahlil qilish hamda aniq amaliy ma'lumotlar asosida iqtisodiy xulosalar chiqarishdan iborat. Maqolada natijaviy o'zgaruvchiga (Y) ta'sir etuvchi omillarni (X) aniqlash va xatoliklar taqsimotini nazorat qilish masalalari ilmiy yondashuv asosida yoritiladi.

### **Adabiyotlar tahlili**

Ekonometrika fanining tamal toshini qo'ygan olimlar qatorida regressiya tahlilini iqtisodiyotga tatbiq etish borasida qilingan izlanishlar uzoq tarixga ega. "Regressiya" atamasi fanga birinchi marta 1886-yilda ingliz olimi Frensis Galton tomonidan kiritilgan bo'lsa-da, uning matematik poydevori bo'lgan Eng kichik kvadratlar usuli (EKKU) 18-asrning oxiri va 19-asrning boshlarida Karl Fridrix Gauss va Adriyen-Mari tomonidan ishlab chiqilgan.

Iqtisodiy modellashtirishda ushbu matematikaning ilmiy qo'llanilishi esa 20-asrning 30-yillariga to'g'ri keladi. Xususan, birinchi Nobel mukofoti sovrindorlari Ragnar Frish (Ragnar Frisch) va Yan Tinbergen (Jan Tinbergen) iqtisodiy sikllarni tahlil qilishda chiziqli va chiziqsiz regressiya modellaridan keng foydalanishgan. Ular iqtisodiy nazariyani matematik va statistik usullar bilan uyg'unlashtirib, iqtisodiy jarayonlarni modellashtirishning empirik maktabiga asos solishgan.



Zamonaviy davrda chiziqli regressiya modellarini iqtisodiyotda qo'llash borasida Damodar Gujarati (Damodar N. Gujarati) o'zining "Basic Econometrics" asarida klassik chiziqli regressiya modeli (Classical Linear Regression Model - CLRM) asoslarini va unda yuzaga kelishi mumkin bo'lgan muammolarni (geteroskedastiklik, multikollinearlik, avtokorelyatsiya) batafsil yoritib bergan. Shuningdek, J. Vuldrijning (Jeffrey M. Wooldridge) "Introductory Econometrics: A Modern Approach" kitobida tasodifiy xatoliklarni taqsimlashda Gauss-Markov teoremasining amaliy ahamiyati, ayniqsa, panel ma'lumotlar va vaqt qatorlari (time series) misolida chuqur isbotlangan.

Mahalliy iqtisodchi olimlar ham o'z tadqiqotlarida ekonometrik modellashtirishga alohida e'tibor qaratmoqdalar. Xususan, O'zbekiston iqtisodiyotini makroiqtisodiy modellashtirish, YaIM va investitsiyalar o'rtasidagi bog'liqlikni chiziqli regressiya orqali baholash bo'yicha qator ilmiy ishlar olib borilmoqda. Ushbu tadqiqotlarning umumiy xulosasi shuni ko'rsatadiki, iqtisodiy hodisalar qanchalik stoxastik (tasodifiy) bo'lmasin, ularning asosida yotgan qonuniyatlarni chiziqli modellar yordamida yetarlicha aniqlik bilan tasvirlash va iqtisodiy siyosatga tavsiyalar ishlab chiqish mumkin.

### Metodologiya

Iqtisodiy jarayonlarda bir o'zgaruvchining (masalan, narx, investitsiya, reklama xarajatlari) ikkinchi bir o'zgaruvchiga (talab hajmi, YaIM, foyda) ta'sirini o'rganishda juft chiziqli regressiya modelidan foydalaniladi. Bosh to'plam uchun chiziqli regressiya tenglamasi quyidagi stoxastik ko'rinishga ega:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \epsilon_i$$

Bu yerda:

$Y_i$  — natijaviy (bog'liq) o'zgaruvchi;

$X_i$  — tushuntiruvchi (erkli) o'zgaruvchi;



$\beta_0$  va  $\beta_1$  — modelning noma'lum parametrlari (teoretik koeffitsiyentlar);  
 $\epsilon_i$  — tasodifiy xatolik (tenglamaga kiritilmagan boshqa yashirin omillar ta'siri).  
 Amaliyotda butun bosh to'plam ma'lumotlariga ega bo'lish imkonsiz bo'lganligi sababli, ma'lum bir tanlanma (sample) asosida  $\beta_0$  va  $\beta_1$  parametrlarining empirik baholari —  $\hat{\beta}_0$  va  $\hat{\beta}_1$  topiladi. Bu parametrlarni topishning eng optimal vositasi Eng kichik kvadratlar usuli (Ordinary Least Squares - OLS) hisoblanadi.  
 EKK ning asosiy g'oyasi haqiqiy qiymatlar ( $Y_i$ ) va regressiya tenglamasi bo'yicha hisoblangan nazariy qiymatlar ( $\hat{Y}_i$ ) o'rtasidagi farqlar (qoldiqlar) kvadratlari yig'indisini minimallashtirishdan iborat:

$$S = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 X_i)^2 \rightarrow \min$$

Ushbu funksiyadan  $\hat{\beta}_0$  va  $\hat{\beta}_1$  bo'yicha xususiy hosilalar olib, ularni nolga tenglashtirish orqali normal tenglamalar sistemasi hosil qilinadi. Tizimni yechish orqali koeffitsiyentlarni topish formulalari keltirib chiqariladi:

$$\hat{\beta}_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

$$\hat{\beta}_0 = \bar{Y} - \hat{\beta}_1 \bar{X}$$

Bu yerda  $\bar{X}$  va  $\bar{Y}$  mos ravishda  $X$  va  $Y$  o'zgaruvchilarning o'rta arifmetik qiymatlaridir.

Topilgan  $\hat{\beta}_0$  va  $\hat{\beta}_1$  baholar iqtisodiy jihatdan ma'noga ega va ishonchli bo'lishi uchun, model Gauss-Markov teoremasi shartlariga javob berishi kerak. Agar quyidagi shartlar bajarilsa, EKK baholari eng yaxshi, chiziqli va siljimagan baholar hisoblanadi:



**Chiziqlilik:** Parametrlar bo'yicha model chiziqli bo'lishi kerak.

**Ekzogenlik:** Tasodifiy xatolikning matematik kutilmasi nolga teng bo'lishi lozim ( $E(\epsilon_i) = 0$ ). Bu xatoliklar tasodifiy ekanligini bildiradi.

**Gomoskedastiklik (Geteroskedastiklikning yo'qligi):** Barcha kuzatuvlar uchun tasodifiy xatoliklarning dispersiyasi o'zgarmas (bir xil) bo'lishi kerak ( $Var(\epsilon_i) = \sigma^2 = const$ ).

**Avtokorelyatsiyaning yo'qligi:** Turli kuzatuvlardagi xatoliklar o'zaro bog'liq bo'lmasligi kerak ( $Cov(\epsilon_i, \epsilon_j) = 0, i \neq j$ ).

Regressiya tenglamasi tuzilgandan so'ng, uning sifati va ishonchliligi quyidagi ekonometrik testlar orqali tekshiriladi:

**Determinatsiya koeffitsiyenti ( $R^2$ ):** Natijaviy ko'rsatkich ( $Y$ ) umumiy o'zgarishining necha foizi modelga kiritilgan omil ( $X$ ) hisobiga to'g'ri kelishini ifodalaydi.  $R^2$  qiymati 0 dan 1 gacha o'zgaradi va 1 ga qanchalik yaqin bo'lsa, model shunchalik sifatli hisoblanadi

$$R^2 = 1 - \frac{\sum e_i^2}{\sum (Y_i - \bar{Y})^2}$$

**Fisherning F-kriteriysi:** Modelning umumiy adekvatligini tekshirish uchun ishlatiladi. Hisoblangan  $F$  qiymat jadval qiymatidan ( $F_{jadval}$ ) katta bo'lsa, model butunligicha statistik ahamiyatga ega deb topiladi.

**Styudentning t-statistikasi:** Har bir  $\hat{\beta}_0$  va  $\hat{\beta}_1$  koeffitsiyentlarning alohida-alohida statistik ahamiyatligini tekshiradi. Agar  $t_{hisob} > t_{jadval}$  bo'lsa, topilgan regressiya koeffitsiyentlari tasodifiy emas, balki qonuniy degan xulosaga kelinadi.

### Amaliy tahlil va natijalar

Chiziqli regressiya modelining makroiqtisodiy jarayonlarni tahlil qilishdagi o'rnini baholash uchun O'zbekiston Respublikasining 2017–2022 yillardagi iqtisodiy ko'rsatkichlaridan foydalanamiz. Tadqiqot obyekti sifatida Asosiy kapitalga



kiritilgan investitsiyalar hajmi ( $X$ , trln so'm) va uning natijasi o'laroq shakllangan Yalpi Ichki Mahsulot ( $Y$ , trln so'm) dinamikasini olamiz.

Statistika agentligi ma'lumotlari asosida quyidagi hisob-kitob jadvalini tuzamiz:

Yillar (n)	Investitsiya lar ( $X_i$ )	YaIM hajmi ( $Y_i$ )	$X_i Y_i$	$X_i^2$	$Y_i^2$
2017	72	317	22 824	5 184	100 489
2018	124	426	52 824	15 376	181 476
2019	195	532	103 740	38 025	283 024
2020	226	605	136 730	51 076	366 025
2021	269	738	198 522	72 361	544 644
2022	319	888	283 272	101 761	788 544
Jami:	$\sum X = 1205$	$\sum Y = 3506$	$\sum XY = 7979$	$\sum X^2 = 283783$	$\sum Y^2 = 226420$

Kuzatuvlar soni  $n = 6$ . Har ikkala ko'rsatkichning o'rta arifmetik qiymatlarini topamiz:

$$\bar{X} = 1205/6 \approx 200.83$$

$$\bar{Y} = 3506/6 \approx 584.33$$

Eng kichik kvadratlar usuli (EKK) orqali regressiya koeffitsiyenti  $\beta_1$  ni hisoblaymiz:

$$\hat{\beta}_1 = \frac{n\sum XY - \sum X \sum Y}{n\sum X^2 - (\sum X)^2}$$



Olingan real yig'indilarni formulaga qo'yamiz:

$$\hat{\beta}_1 = \frac{6 \cdot 797912 - 1205 \cdot 3506}{6 \cdot 283783 - (1205)^2} = \frac{4787472 - 4224730}{1702698 - 1452025} = \frac{562742}{250673} \approx 2.24$$

Endi ozod had  $\beta_0$  ni hisoblaymiz:

$$\hat{\beta}_0 = \bar{Y} - \hat{\beta}_1 \bar{X} = 584.33 - (2.24 \cdot 200.83) = 584.33 - 449.85 = 134.48$$

Shunday qilib, O'zbekiston iqtisodiyotidagi investitsiyalar va YaIM bog'liqligini ifodalovchi empirik regressiya tenglamasi quyidagicha shakllandi:

$$\hat{Y} = 134.48 + 2.24X$$

Natijalarning iqtisodiy interpretatsiyasi:

$\beta_1 = 2.24$  koeffitsiyenti (Iqtisodiy multiplikator): Ushbu ko'rsatkich investitsiya samaradorligini ifodalaydi. Ya'ni, O'zbekiston iqtisodiyotida asosiy kapitalga kiritilgan investitsiyalar hajmi 1 trillion so'mga ohsa, Yalpi Ichki Mahsulot o'rtacha hisobda 2.24 trillion so'mga ko'payishini ko'rsatmoqda. Bu iqtisodiyotda investitsion multiplikator effekti yaxshi ishlayotganidan dalolat beradi.

$\beta_0 = 134.48$  koeffitsiyenti: Agar faraziy ravishda mamlakatda barcha kapital investitsiyalar to'xtab qolsa ham ( $X = 0$ ), bazaviy iqtisodiy faoliyat (iste'mol, joriy xarajatlar) hisobiga YaIM ning tayanch hajmi o'rtacha 134.48 trln so'm atrofida saqlanib qolishini anglatadi.

Model ishonchliligini ifodalovchi Determinatsiya koeffitsiyenti ( $R^2$ ) real ma'lumotlar bo'yicha hisoblanganda 0.99 ni tashkil qildi. Bu degani, YaIM o'sishining 99% aynan investitsiyalar hajmining ortishi bilan tushuntiriladi.

### Xulosa

Real statistik ma'lumotlar tahlili shuni isbotladiki, chiziqli regressiya modellari makroiqtisodiy siyosatni baholash va bashorat qilishda o'ta muhim vositadir. Gauss-Markov shartlari asosida qurilgan model iqtisodiy o'sishni (YaIM) ta'minlashda investitsiyalar qanday ulkan harakatlantiruvchi kuchga ega ekanligini matematik isbotlab berdi. Topilgan  $\hat{Y} = 134.48 + 2.24X$  tenglamasi yordamida



hukumat kelgusi yillarda YaIMni ma'lum bir maqsadli darajaga (masalan, 1000 trln so'mga) yetkazish uchun byudjet va xususiy sektordan jami qancha investitsiya jalb qilinishi kerakligini aniq prognoz qilishi mumkin.

#### FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Husanov F.O., Ibragimov A.T., Global iqtisodiyot davri va undagi inqirozlar. "Образование наука и инновационные идеи в мире" xalqaro jurnali, №35 (5-qism). – 2023. – 134-b.
2. Husanov F.O., Abdullayev S.Q., Raxmatov A.I., Transport masalasi. "International Journal of Scientific Research" (Worldly Journals), Vol. 5, Issue 1. – 2024. – 478-b.
3. Shodiyev T.Sh., Abdullayev O.M., Hakimov T.X., Iqtisodiy-matematik usullar va modellar. Oliy o'quv yurtlari uchun darslik. – Toshkent: "Adabiyot jamg'armasi" nashriyoti, 2005.