



IQTISODIY JARAYONLARNI MODELASHTIRISHDA CHIZIQLI REGRESSIYA MODELIDAN FOYDALANISH

*Qarshiboyev Xayrulla Qilichovich—
SamISI, “Oliy matematika” kafedrası
mudiri., dotsent. karshiboyev@mail.ru*

Annotatsiya: Ushbu maqolada iqtisodiy ko‘rsatkichlar o‘rtasidagi bog‘liqliklarni o‘rganishda chiziqli regressiya modelining o‘rni va ahamiyati yoritilgan. Tadqiqot davomida iqtisodiy jarayonlarni matematik modellashtirish prinsiplari, parametrlar qiymatini baholashda eng kichik kvadratlar usuli va modelning adekvatligini tekshirish usullari tahlil qilingan. Shuningdek, maqolada real iqtisodiy ma’lumotlar asosida chiziqli modelni qurish bosqichlari va natijalarni iqtisodiy interpretatsiya qilish masalalari ko‘rib chiqilgan. Tadqiqot natijalari iqtisodiy prognozlash va boshqaruv qarorlarini qabul qilishda regressiv tahlildan foydalanish samaradorligini ko‘rsatib beradi.

Kalit so'zlar: chiziqli regressiya, eng kichik kvadratlar usuli, Gauss-Markov teoremasi, makroiqtisodiy modellashtirish, 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.

Mavzuga oid 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 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 va Yan 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 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 "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, Yalpi ichki mahsulot (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.

Tadqiqot metodologiyasi. Tadqiqotda ijtimoiy-iqtisodiy jarayonlar orasidagi bog'lanishlar, y'ani bog'liq o'zgaruvchining unga ta'sir qiluvchi omil o'rtasidagi bog'liqlikning juft chiziqli regressiya tenglamasining parametrlarini aniqlashda Enk kichik kvadratlar usulidan foydalanildi.

Tahlil va natijalar. 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;

β_0 va β_1 — modelning noma'lum parametrlari (teoretik koeffitsiyentlar);

ϵ_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 β_0 va β_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, EKKU 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 ($Var(\epsilon_i) = \sigma^2 = const$).



Автोकореляциaning 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.

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:



1-jadval

O'zbekiston Respublikasida asosiy ijtimoiy-iqtisodiy ko'rsatkichlar holati

Yillar (n)	Investitsiyalar (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:	$\sum X = 1205$	$\sum Y = 3506$	$\sum XY = 797$	$\sum X^2 = 283$	$\sum Y^2 = 2264$

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 β_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 β_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. Gauss-Markov shartlari asosida qurilgan model iqtisodiy o'sishni Yalpi ichki mahsulot 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.

Xulosa va takliflar. Chiziqli regressiya modeli iqtisodiy o'zgaruvchilar (masalan, daromad va iste'mol, eksport va YaIM) o'rtasidagi miqdoriy bog'liqlikni aniqlashda eng sodda va tushunarli vositadir. Modelning ishonchliligini belgilovchi asosiy ko'rsatkichlar (R^2 - determinatsiya koeffitsiyenti va Fisher mezonlari) modelning amaliyotda qo'llanilish darajasini yuqori ekanligini tasdiqlaydi.

Regressiya tenglamasi yordamida argument o'zgaruvchilarining kelajakdagi qiymatlarini bashorat qilish orqali iqtisodiy jarayonlarni strategik rejalashtirish imkoniyati mavjud.

Shuni ta'kidlash kerakki, chiziqli model faqatgina o'zgaruvchilar o'rtasida to'g'ri chiziqli bog'liqlik mavjud bo'lgandagina yuqori aniqlik beradi. Murakkab iqtisodiy tizimlarda ko'p omilli regressiyadan foydalanish maqsadga muvofiq.

Iqtisodiy tahlillarda chiziqli regressiya modellarini qurishda Python (Pandas, Scikit-learn), R yoki EViews kabi zamonaviy dasturiy paketlardan keng foydalanish tahlil tezligi va aniqligini oshiradi.

Ko'p omilli modellarni qurishda omillar o'rtasidagi o'zaro bog'liqlikni (multikolliniarlik) qat'iy nazorat qilish tavsiya etiladi, aks holda model parametrlari iqtisodiy mazmunini yo'qotishi mumkin.

Iqtisodiy jarayonlar vaqt o'tishi bilan o'zgaruvchan bo'lgani sababli, modellarga vaqt omilini kiritish va avtokorrelyatsiya muammolarini bartaraf etish usullarini qo'llash lozim.

Adabiyotlar ro'yxati

1. I.Habibullayev, A.M.Jumayev; Ekonometrika: Amaliy mashg'ulot uchun o'quv qo'llanma / -T.: «Iqtisod-Moliya», 2020, 176 b.



2. Кремер Н.Ш., Путко Б.А. Эконометрика: Учебник. – М.: ЮНИТИ-Москва, 2010. – 328 с.
3. В.Yu.Xodiyev, Т.Sh.Shodiyev, В.В.Berkinov. Ekonometrika. O‘quv qo‘llanma. –Toshkent. TDIU, 2017.-144 b.
4. Greene, W. H. (2012). *Econometric Analysis*, 7th Edition (Int. Edition), Essex: Pearson.
5. Gujarati D., Porter D. *Basic Econometrics*. McGraw-Hill, 2022.
6. Wooldridge J. *Introductory Econometrics*. MIT Press, 2020.
7. Hosmer D., Lemeshow S. *Applied Logistic Regression*. Wiley, 2013.

<p>Х.К.Каршибоев</p> <p>Использование моделей линейной регрессии в моделировании экономических процессов</p> <p>Аннотация: В данной статье освещаются роль и значение модели линейной регрессии в изучении взаимосвязей между экономическими показателями. В ходе исследования проанализированы принципы математического моделирования экономических процессов, метод наименьших квадратов (МНК) для оценки параметров, а также методы проверки адекватности модели. Кроме того, в статье рассматриваются этапы построения линейной модели на основе реальных экономических данных и вопросы экономической интерпретации полученных</p>	<p>Kh.K.Karshiboev</p> <p>Use of Linear Regression Models in Modeling Economic Processes</p> <p>Abstract: This article highlights the role and significance of the linear regression model in studying the relationships between economic indicators. During the research, the principles of mathematical modeling of economic processes, the Ordinary Least Squares (OLS) method for estimating parameter values, and methods for checking the model's adequacy were analyzed. Furthermore, the article examines the stages of constructing a linear model based on real economic data and the issues of economic interpretation of the results. The research findings demonstrate the</p>
--	--



<p>результатов. Результаты исследования демонстрируют эффективность использования регрессионного анализа в экономическом прогнозировании и принятии управленческих решений.</p> <p>Ключевые слова: линейная регрессия, метод наименьших квадратов, теорема Гаусса-Маркова, макроэкономическое моделирование, инвестиции, коэффициент детерминации, эконометрия.</p>	<p>effectiveness of using regressive analysis in economic forecasting and managerial decision-making.</p> <p>Keywords: linear regression, least squares method, Gauss-Markov theorem, macroeconomic modeling, investment, coefficient of determination, econometrics.</p>
--	--