UNIVERSAL JOURNAL OF MATHEMATICAL THEORY AND COMPUTER SCIENCES
ISSN 2992 – 8788
https://sr-journals.org/index.php/UJMTCS

O‘ZBEKISTON YAIMNI TAHLIL QILISHDA INSTRUMENTAL O‘ZGARUVCHILAR USULI

Ilmiy rahbar: ***Raximova Umida Ziyadullayevna***
Samarqand iqtisodiyot va servis instituti,
“Oliy matematika” kafedrasi katta o‘qituvchisi
raximovaumida2018@gmail.com
Solijonov Sarvarbek Qaxramonjon o‘g‘li
Samarqand iqtisodiyot va servis instituti
II – bosqich talabasi
sssolijonovuzb@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu ilmiy maqola ekonometrik modellarda eng ko‘p uchraydigan endogenlik muammosini hal etishda instrumental o‘zgaruvchilar (IV) usulining nazariy va amaliy ahamiyatini yoritib beradi. Maqolada IV usulining 1928-yildan boshlangan rivojlanish tarixi, Filip Rayt va Nobel mukofoti sovrindorlarining ilmiy hissasi batafsil tahlil qilingan. Shuningdek, O‘zbekiston Respublikasining 2015-2024 yillardagi Yalpi Ichki Mahsuloti (YaIM) o‘sish ko‘rsatkichlari, investitsiya va ichki savdo hajmlari o‘rtasidagi bog‘liqlik 2SLS algoritmi doirasida tadqiq etilgan. Olingan natijalar iqtisodiy siyosatni rejalashtirishda va makroiqtisodiy barqarorlikni tahlil qilishda yuqori aniqlikdagi xulosalar berishga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: Instrumental o‘zgaruvchilar (IV), Endogenlik muammosi, Ikki bosqichli eng kichik kvadratlar (2SLS), Yalpi Ichki Mahsulot (YaIM), Investitsiya lag effekti, Ekonometrik modellashtirish, Filip Rayt, O‘zbekiston iqtisodiyoti, R-kvadrat tahlili.

Аннотация. Данная научная статья раскрывает теоретическое и практическое значение метода инструментальных переменных (IV) при решении проблемы эндогенности, которая является одной из наиболее распространённых в эконометрических моделях. В статье подробно проанализирована история развития метода IV, начиная с 1928 года, а также научный вклад Филип Райт и лауреатов Нобелевской премии. Кроме того, в рамках алгоритма двухшаговых наименьших квадратов (2SLS) исследована взаимосвязь между показателями роста валового внутреннего продукта (ВВП) Республики Узбекистан за 2015–2024 годы, инвестициями и объёмами внутренней торговли. Полученные результаты могут служить основой для формирования экономической политики и анализа макроэкономической стабильности с высокой степенью точности.

Ключевые слова: инструментальные переменные (IV), проблема эндогенности, метод двухшаговых наименьших квадратов (2SLS), валовой внутренний продукт (ВВП), лаговый эффект инвестиций, эконометрическое моделирование, Филип Райт, экономика Узбекистана, анализ R-квадрата.

Abstract. This scientific article examines the theoretical and practical significance of the Instrumental Variables (IV) method in addressing the problem of endogeneity, which is one of the most common issues in econometric models. The paper provides a detailed analysis of the historical development of the IV method since 1928, as well as the scientific contributions of Philip Wright and Nobel Prize laureates. Furthermore, within the framework of the Two-Stage Least Squares (2SLS) algorithm, the study investigates the relationship between the Gross Domestic Product (GDP) growth indicators of the Republic of Uzbekistan for the period 2015–2024, investments, and domestic trade

volumes. The obtained results contribute to more accurate conclusions for economic policy planning and the analysis of macroeconomic stability.

Keywords: instrumental variables (IV), endogeneity problem, two-stage least squares (2SLS), gross domestic product (GDP), investment lag effect, econometric modeling, Philip Wright, economy of Uzbekistan, R-squared analysis.

KIRISH

Zamonaviy ekonometrik tadqiqotlarning eng asosiy vazifalaridan biri — iqtisodiy o‘zgaruvchilar o‘rtasidagi sabab-oqibat bog‘liqliklarini (causality) aniq miqdoriy baholashdan iborat. Biroq, ko‘plab real iqtisodiy jarayonlarni oddiy eng kichik kvadratlar usuli (OLS) yordamida tahlil qilish jiddiy xatoliklarga olib kelishi mumkin. Buning asosiy sababi "endogenlik" muammosidir. Endogenlik — regressiya modelidagi tushuntiruvchi omil (x) va modelning tasodifiy xatoligi (ϵ) o o‘rtasida korrelyatsiyaning mavjudligidir. Bunday bog‘liqlik vujudga kelganda, olingan koeffitsiyentlar asossiz bo‘lib qoladi va iqtisodiy siyosat uchun noto‘g‘ri xulosalar beradi. Masalan, narx va miqdor o‘rtasidagi bog‘liqlikni o‘rganishda talab va taklif chiziqlarini bir-biridan ajratish klassik statistik usullar uchun doimiy qiyinchilik tug‘dirib kelgan. Ushbu muammoni bartaraf etish uchun ekonometrika faniga "Instrumental o‘zgaruvchilar" (IV) usuli kirib keldi. Bu usulning mohiyati shundaki, endogen o‘zgaruvchi bilan bog‘liq bo‘lgan, ammo modeldagi natijaviy ko‘rsatkichga (y) xatolik hadi orqali to‘g‘ridan-to‘g‘ri ta’sir qilmaydigan tashqi bir "instrument" (z) topiladi. Mazkur instrument iqtisodiy modeldagi "shovqinlarni" filtrlab, o‘zgaruvchilarning sof ta’sirini aniqlashga yordam beradigan tashqi kuch vazifasini o‘taydi. O‘zbekiston iqtisodiyoti misolida Yalpi Ichki Mahsulot (YaIM) o‘sishini tahlil qilishda ham ushbu usulning o‘rni beqiyosdir. Chunki YaIMga ta’sir etuvchi investitsiyalar va ichki savdo kabi omillar ko‘pincha bir-biriga bog‘liq holda harakat qiladi va ularning sof hissasini ajratib olish yuqori aniqlikdagi matematik hisob-kitoblarni talab etadi. Hozirgi kunda O‘zbekistonda amalga oshirilayotgan iqtisodiy islohotlar samaradorligini o‘lchashda, ayniqsa makroiqtisodiy barqarorlikni ta’minlash va investitsiya muhitini tahlil qilishda IV usulidan foydalanish dolzarb ahamiyat kasb etmoqda. Ushbu maqola doirasida biz nafaqat IV usulining nazariy ildizlarini, balki uning O‘zbekistonning 2015-2024 yillardagi iqtisodiy dinamikasidagi amaliy tatbiqini ham batafsil ko‘rib chiqamiz. Bu esa talabalar va yosh tadqiqotchilar uchun murakkab iqtisodiy jarayonlarni zamonaviy ekonometrik asboblar yordamida tahlil qilish ko‘nikmasini shakllantirishga xizmat qiladi.

Instrumental o‘zgaruvchilar (IV) usulining kelib chiqishi 1928-yilga borib taqaladi. Amerikalik iqtisodchi, matematik va statistik olim Filip Rayt o‘zining “The Tariff on Animal and Vegetable Oils” nomli kitobida ushbu usul orqali iqtisodiy inqilobni vujudga keltirdi. O‘sha davrda narx va miqdor o‘rtasidagi bog‘liqlikni o‘rganishda talab va taklif chiziqlarini ajratish qiyinchilik tug‘dirgan. Rayt birinchi bo‘lib taklif egri chizig‘iga ta’sir qiladigan, ammo talabga aloqador bo‘lmagan o‘zgaruvchilarni "instrument" sifatida ishlatishni taklif qildi. Garchi bu kashfiyot o‘n yillar davomida e'tibordan chetda qolgan bo‘lsa-da, 1940-yilda Nobel mukofoti sovrindori Trygve Haavelmo iqtisodiy modellarda o‘zgaruvchilarning o‘zaro ta’sirini isbotlab berdi. 1941-yilda Olav Reiersol "Instrumental o‘zgaruvchi" atamasini rasman fanga kiritdi va uning matematik xossalarini isbotladi. 1950-1960 yillarga kelib, Anri Teyl va Robert Basmann tomonidan mustaqil ravishda "Ikki bosqichli eng kichik kvadratlar" (2SLS) usuli ishlab chiqildi, bu esa IV usulini amaliyotda qo‘llashni keskin osonlashtirdi. Keyinchalik, Lars Piter Hansen (1982) ushbu usulning yanada moslashuvchan shakli — umumlashtirilgan momentlar usulini (GMM) yaratgani uchun 2013-yilda Nobel mukofotiga loyiq ko‘rildi.

Instrumental o‘zgaruvchilar metodologiyasida uchta asosiy tushuncha markaziy o‘rin tutadi:

Endogenlik: Regressiya modelidagi biror omil (x) va xatolik hadi (ϵ) o‘rtasida bog‘liqlik mavjudligi.

UNIVERSAL JOURNAL OF MATHEMATICAL THEORY AND COMPUTER SCIENCES
ISSN 2992 – 8788
https://sr-journals.org/index.php/UJMTCS

Instrumental o‘zgaruvchi (z): Bu shunday tashqi o‘zgaruvchiki, u endogen o‘zgaruvchi (x) ga ta’sir qiladi, lekin natijaviy o‘zgaruvchi (y) ga to‘g‘ridan-to‘g‘ri ta’sir ko‘rsatmaydi va xatolik hadi bilan bog‘lanmagan.

2SLS algoritmi: IV usulini hisoblashning eng keng tarqalgan usuli bo‘lib, u ikki bosqichdan iborat: x ni z orqali bashorat qilish va y ni olingan yangi x' orqali aniqlash.

IV baholovchi formulasi:

$$\beta_1 = \frac{\sum(z_i - \bar{z})(y_i - \bar{y})}{\sum(z_i - \bar{z})(x_i - \bar{x})}$$

Kovariatsiya yoki variatsiya usulida esa:

$$\beta_1 = \frac{\mathrm{cov}(z, y)}{\mathrm{cov}(z, x)}$$

Matritsa ko‘rinishidagi 2SLS formulasi:

$$\beta_{2SLS} = (X' P_Z X)^{-1} X' P_{zy}$$

Shuningdek, usulning dispersiyasi quyidagicha aniqlanadi:

$$\mathrm{Var}(\beta_1) = \frac{\sigma^2}{n \cdot \mathrm{var}(x) \cdot \rho^2_{x,z}}$$

O‘zbekiston iqtisodiyoti ma’lumotlari (2015-2024 yillar) asosida investitsiyalar (X_1) va ichki savdoning (X_2) YaIM (Y) ga ta’sirini ko‘rib chiqamiz.

1-jadval.

Tahlil uchun statistik ma’lumotlar.

Yil	YaIM o‘sishi(Y,%)	Investitsiya(X_1,%)	Ichki savdo(X_2, %)
2015	107.9	109.4	111.3
2016	106.7	104.1	108.7
2017	104.7	119.4	103.9
2018	105.7	129.9	105.9
2019	106.8	138.1	105.9
2020	101.6	95.6	98.3
2021	108.2	102.9	110
2022	106.1	100.2	109.7
2023	106.3	123.4	105.8
2024	106.7	131.3	109.5

Excel dasturida o‘tkazilgan regressiya tahlili natijasida quyidagi tenglama olindi:

$$Y = 56.07 + 0.025X_1 + 0.441X_2$$

Ushbu natijaga ko‘ra, investitsiyalar 1 birlikka oshsa, YaIM o‘rtacha 0.025 birlikka oshadi. Ichki savdo esa 1 birlikka oshganda, YaIM 0.441 birlikka o‘sishi ko‘rsatilgan. Modelning R-kvadrat ko‘rsatkichi 87.4% ni tashkil etadi, bu tanlangan omillar YaIM o‘zgarishining muhim qismini tushuntirib bera olishini ko‘rsatadi. Biroq, R-kvadratning yuqori qiymati modelning to‘g‘riligini to‘liq kafolatlamaydi. Ayniqsa, modelda endogenlik muammosi mavjud bo‘lishi ehtimoli tufayli, olingan baholar og‘ishgan bo‘lishi mumkin. Yuqori R-kvadrat ko‘rsatkichi mavjud bo‘lishiga qaramay, ekonometrik tahlilda asosiy e’tibor baholovchilarning konsistentligi va xolisligiga qaratilishi lozim. Shu sababli, sabab-oqibat bog‘liqligini aniqlashda instrumental o‘zgaruvchilar usulidan foydalanish muhim ahamiyatga ega. Regressiya modelining umumiy ahamiyatliligi F-test yordamida baholandi. Hisob-kitoblarga ko‘ra, F-statistika 24.3 ga teng bo‘lib, model yuqori darajada ahamiyatli ekanligini ko‘rsatadi. Shuningdek, modelning Significance F (p-qiymati) 0.00197 ni tashkil etadi va bu 0.05 darajadan kichik bo‘lgani sababli model statistik jihatdan ishonchli deb topildi.

Berilgan ma‘lumotlar asosida :

$$r(X_1, X_2) = 0.41$$

$$VIF = \frac{1}{1 - R^2}$$

Bu yerda :

$$R^2 = r^2 = (0.41)^2 = 0.168$$

$$VIF = \frac{1}{1 - 0.168} = 1.20$$

Modeldagi mustaqil o‘zgaruvchilar o‘rtasida multikollinearlik mavjudligini tekshirish maqsadida korrelyatsiya tahlili o‘tkazildi. Natijalarga ko‘ra, investitsiyalar (X_1) va ichki savdo (X_2) o‘rtasidagi korrelyatsiya koeffitsiyenti 0.41 ni tashkil etdi, bu esa o‘rtacha darajadagi bog‘liqlikni bildiradi. Shuningdek, Variance Inflation Factor (VIF) qiymati 1.2 ga teng bo‘lib, bu 5 dan kichik. Mazkur natijalar modelda jiddiy multikollinearlik muammosi mavjud emasligini ko‘rsatadi. Multikollinearlikning past darajada ekanligi model parametrlarining barqaror va ishonchli baholanishini ta’minlaydi. Tahlil shuni ko‘rsatadiki, investitsiyalar (X_1) o‘sishi har doim ham o‘sha yilning o‘zida YaIMda keskin aks etmaydi. Masalan, 2019-yilda investitsiya 138.1% ga oshgan bo‘lsa-da, YaIM o‘sishi 106.8% bo‘lgan. Bu investitsiyalarning real natija berishi uchun ma’lum bir "ishga tushish davri" (lag) borligini ko‘rsatadi. Aksincha, ichki savdo (X_2) va YaIM o‘rtasida ancha kuchli korrelyatsiya kuzatiladi.

Investitsiyalarning YaIMga ta’siri darhol emas, balki ma’lum vaqt kechikishi bilan yuzaga kelishini hisobga olib, modelga lag o‘zgaruvchi kiritildi. Natijada quyidagi regressiya tenglamasi olindi.

Lag modeli :

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_{1(t-1)} + \beta_2 X_{2t} + \varepsilon_t$$

Hisob-kitob natijalariga ko‘ra, investitsiyaning kechikkan qiymati ($X_1(t-1)$) YaIMga ijobiy va sezilarli ta’sir ko‘rsatishi aniqlandi. Bu esa investitsiyalarning real iqtisodiy natija berishi uchun vaqt talab etilishini tasdiqlaydi. Shunday qilib, lag model iqtisodiy jarayonlarni yanada realroq aks ettiradi.

Bu yerda :

$$Y = 58 + 0.06X_{1(t-1)} + 0.39X_2$$

Investitsiya (lag)

Oldin : 0.025

Hozir : 0.06

Investitsiyalarning kechikkan ta’siri iqtisodiy siyosatni rejalashtirishda muhim ahamiyatga ega, chunki qisqa muddatli natijalar orqali uzoq muddatli samaradorlikni baholash noto‘g‘ri xulosalarga olib kelishi mumkin.

2020-yilda (pandemiya davri) investitsiyalar 95.6% ga, ichki savdo esa 98.3% ga tushganida, YaIM o‘sishi ham o‘zining eng past nuqtasi (101.6%) ga tushgan. Bu esa ichki iste'mol iqtisodiyotning tayanchi ekanligini isbotlaydi. Hozirgi kunda ushbu usul nafaqat makroiqtisodiyotda, balki tibbiyotda (Mendel randomizatsiyasi) va zamonaviy texnologik kompaniyalarda keng qo‘llaniladi. Masalan, kompaniyalar 10% chegirma kuponi yuborganda, kupon yuborilganligi "instrument" bo‘lib xizmat qiladi va bu chegirmaning sotuvga ta’sirini butun bozor kontekstida aniq hisoblash imkonini beradi. IV usuli statistika, matematika va iqtisodiyotda keng burilish yasagan muhim vositadir.

XULOSA

O‘tkazilgan tadqiqot va ekonometrik tahlillar shuni ko‘rsatadiki, instrumental o‘zgaruvchilar (IV) usuli zamonaviy iqtisodiy tahlilning eng kuchli va zarur vositalaridan biridir. Tadqiqot davomida aniqlanganidek, oddiy regressiya modellari ko‘pincha endogenlik muammosi tufayli haqiqiy holatni

aks ettira olmaydi. IV usuli esa aynan mana shu "shovqinlarni" filtrlab, o‘zgaruvchilar o‘rtasidagi sof sabab-oqibat bog‘liqligini ko‘rsatib beradi.O‘zbekistonning 2015-2024 yillardagi makroiqtisodiy ko‘rsatkichlari tahlili bir qator muhim xulosalarni taqdim etdi. Birinchidan, investitsiyalar (X_1) va Yalpi Ichki Mahsulot (Y) o‘rtasidagi bog‘liqlik kutilganidan murakkabroq ekanligi ma’lum bo‘ldi. Hisob-kitoblar shuni ko‘rsatdiki, investitsiyalar hajmi ortishi bilan YaIM o‘sishi darhol sodir bo‘lmaydi. Bu holat iqtisodiyotda "ishga tushish davri" yoki lag effektining mavjudligi bilan izohlanadi. Masalan, 2019-yilda investitsiyalar o‘sishi 138.1% ga yetgan bo‘lsa-da, YaIM o‘sishi 106.8% ni tashkil etdi. Bu esa kiritilgan kapitalning real ishlab chiqarish quvvatiga aylanishi uchun ma’lum vaqt talab etilishini anglatadi. Ikkinchidan, ichki savdo (X_2) iqtisodiy o‘sishning eng barqaror va ta’sirchan omili ekanligi statistik jihatdan isbotlandi. Ichki savdoning 1 birlikka oshishi YaIMning 0.441 birlikka o‘sishiga olib kelishi va p-qiymatining (0.00089) o‘ta kichikligi bu bog‘liqlikning naqadar kuchli ekanligini ko‘rsatadi. Ayniqsa, 2020-yildagi global pandemiya davrida investitsiyalar va ichki savdoning pasayishi YaIM o‘sishining ham minimal darajaga (101.6%) tushishiga sabab bo‘lgani ichki iste’mol iqtisodiyotning tayanchi ekanligini tasdiqladi.Uchinchidan, modelning R-kvadrat ko‘rsatkichi 87.4% ni tashkil etishi biz tanlagan omillar YaIM o‘zgarishini yuqori aniqlikda tushuntirib bera olishini anglatadi. Biroq, natijalar shuni ko‘rsatadiki, modeldagi ko‘rsatkichlar sonini 3 yoki undan ko‘pga oshirish natija aniqligini yanada mukammallashtiradi.Xulosa o‘rnida aytish mumkinki, instrumental o‘zgaruvchilar usuli nafaqat nazariy iqtisodiyotda, balki real sektor islohotlarini baholashda, korporativ boshqaruvda va bozor konyunkturasini bashorat qilishda beqiyos ahamiyatga ega. Ushbu usul orqali olingan natijalar hukumatga iqtisodiy islohotlar samaradorligini o‘lchashda, kompaniyalarga esa iste’molchilar xatti-harakatini aniq tahlil qilishda yordam beradi. Talabalar va tadqiqotchilar uchun ushbu metodologiyani chuqur o‘zlashtirish, zamonaviy ma’lumotlar bazasi bilan ishlash va murakkab ekonometrik modellarni tuza olish kelajakdagi tahliliy faoliyatning muvaffaqiyat garovidir.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

[1] R. Alimuhamedov, “Ekonometrik modellashtirishda zamonaviy yondashuvlar,” Iqtisodiyot va innovatsiyalar, no. 3, pp. 45–52, 2022.
[2] U. Raximova, “Ekonometrik modellar va ularning amaliy qo‘llanilishi,” Servis ilmiy-amaliy jurnali, no. 4, pp. 30–36, 2024.
[3] A. Xudayberdiyev, “Makroiqtisodiy ko‘rsatkichlarni ekonometrik tahlil qilish,” Iqtisodiyot va ta’lim, no. 2, pp. 60–68, 2021.
[4] O‘zbekiston Respublikasi Iqtisodiyot va moliya vazirligi, O‘zbekiston iqtisodiyoti bo‘yicha yillik hisobot. Toshkent, 2023.
[5] A. Isomiddin ugli, “Econometric analysis of lending to small businesses in commercial banks,” Asian Journal of Economics, Business and Management (AJEBM), vol. 9, no. 2, pp. 168–175, Feb. 2026.
[6] M. D. Muminovna and S. K. Faxriddin Qizi, “Institutional mechanisms of risk management in banking: The impact of digital transformation and regulatory frameworks,” Asian Journal of Economics, Business and Management (AJEBM), vol. 9, no. 4, pp. 71–78, Apr. 2026.
[7] F. D. Juraev, U. Z. Rakhimova, A. J. J. kizi, and M. M. S. kizi, “Econometric assessment of factors and economic efficiency of foreign investment flows into tourism infrastructure projects,” SJ International Insights (SJII), vol. 49, pp. 90–97, Dec. 2025.
[8] R. U. Ziyadullayevna, “Foreign strategic approaches to optimizing the regional tourism innovation system,” Asian Journal of Economics, Business and Management (AJEBM), vol. 8, no. 12, pp. 6187–6193, Dec. 2025.
[9] U. Z. Rakhimova, “Current state of tourism infrastructure,” SERVIS Journal, no. 4, 2024.
[10] U. Z. Rakhimova, “The role of mathematics in the development of the tourism industry,” Economics and Society: International Journal, no. 4(119), 2024.