

RAQAMLI ILM-FAN TRANSFORMATSIYASI SHAROITIDA IQTISODIY TADQIQOTLAR UCHUN AI VA BIG DATA ASOSIDAGI EKONOMETRIK PROGNOZ MODELLARINI ISHLAB CHIQISH

Fattoyev Elbek Alisherovich¹, Saidova Zebiniso Rustam qizi²

²Toshkent amaliy fanlar universiteti, Toshkent, 100149, O‘zbekiston Respublikasi

¹Orcid ID: [0009-0000-2537-7435](https://orcid.org/0009-0000-2537-7435), ¹e-mail: eltinfea@gmail.com

²e-mail: saidovazebo09@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada raqamli ilm-fan transformatsiyasi sharoitida iqtisodiy ko‘rsatkichlarni prognozlash uchun sun‘iy intellekt (AI), Big Data va klassik ekonometrik yondashuvlarni integratsiyalashgan holda qo‘llash masalasi tahlil qilinadi. Tadqiqotning metodologik asosi sifatida uch bosqichli yondashuv taklif etiladi: ¹³⁰ eng kichik kvadratlar usuliga (EKQ) asoslangan ko‘p omilli chiziqli regressiya modeli; ¹³¹ iqtisodiy jarayonlarning murakkab nolinear xususiyatlarini aks ettiruvchi ko‘p omilli chiziqsiz regressiya modellari; ¹³² korelyatsiya koeffitsenti va prognoz xatoliklari (RMSE, MAPE va boshqalar)ni hisobga oluvchi integratsiyalashgan kompozit prognoz modeli. Taklif etilgan yondashuvda AI algoritmlari va Big Data texnologiyalari ma‘lumotlarni tozalash, omillarni tanlash, parametrlarni optimallashtirish hamda turli modellar prognozlarini birlashtirish bosqichlarida qo‘llanadi. Nazariy tahlil shuni ko‘rsatadiki, klassik eng kichik kvadratlar modeli raqamli iqtisodiyot sharoitida ham bazaviy vosita sifatida ahamiyatini saqlab qoladi, biroq ko‘p omilli chiziqsiz regressiyalar va AI yordamida vaznlangan kompozit prognoz modeli qo‘llanganda prognoz aniqligi sezilarli darajada oshadi. Maqola yakunida O‘zbekiston iqtisodiyoti makroko‘rsatkichlari misolida taklif etilgan yondashuvni amaliy qo‘llash bo‘yicha konseptual tavsiyalar beriladi.

Kalit so‘zlar: raqamli ilm-fan, sun‘iy intellekt, Big Data, ekonometrik prognoz, eng kichik kvadratlar usuli, chiziqsiz regressiya, korelyatsiya koeffitsenti, prognoz xatoliklari.

KIRISH

So‘nggi yillarda raqamli transformatsiya nafaqat iqtisodiyot tarmoqlarini, balki ilmiy-tadqiqot jarayonining o‘zini ham tubdan o‘zgartirmoqda. An‘anaviy statistik va ekonometrik usullar bilan cheklangan tadqiqotlardan farqli o‘laroq, bugungi kunda sun‘iy intellekt (AI), Big Data, bulutli hisoblash va yuqori unumli kompyuter tizimlari ilmiy izlanishlarning ajralmas qismiga aylanib bormoqda. Iqtisodiy ko‘rsatkichlarni prognozlashda ham mazkur raqamli vositalar klassik ekonometrik yondashuvlarni to‘ldiruvchi va kuchaytiruvchi muhim omil sifatida qaralmoqda.

Klassik ekonometrik yondashuvlarda, jumladan eng kichik kvadratlar usuliga asoslangan chiziqli regressiya modellari iqtisodiy ko‘rsatkichlar o‘rtasidagi bog‘lanishlarni baholashda keng qo‘llanadi. Biroq raqamli iqtisodiyot sharoitida iqtisodiy jarayonlar ko‘p omilli, nolinear va dinamik xususiyatga ega bo‘lib, ularni faqat chiziqli model doirasida ifodalash ko‘pincha yetarli bo‘lmay qoladi. Shu bois ko‘p omilli chiziqsiz regressiyalar, neyron tarmoqlar, ansambl modellar kabi AI yondashuvlari hamda katta hajmdagi ma‘lumotlar (Big Data) bilan ishlash imkoniyatlari dolzarb ahamiyat kasb etmoqda. Big Data texnologiyalari turli manbalardan (davlat statistika organlari, Markaziy bank, xalqaro tashkilotlar, raqamli platformalar va boshqalar) real vaqtga yaqin rejimda iqtisodiy ma‘lumotlarni yig‘ish, saqlash va qayta ishlashga sharoit yaratadi. AI algoritmlari esa ushbu ma‘lumotlar asosida murakkab nolinear bog‘lanishlarni aniqlash, prognoz modellari parametrlarini optimallashtirish va ansambl prognozlarini shakllantirish imkonini beradi.

¹³⁰ . Gujarati D. N. *Basic Econometrics*. McGraw-Hill

¹³¹ . Wooldridge J. M. *Introductory Econometrics: A Modern Approach*.

¹³² . Box G. E. P., Jenkins G. M., Reinsel G. C. *Time Series Analysis: Forecasting and Control*

TADQIQOT MUAMMOSI VA DOLZARBLIGI

Raqamli transformatsiya sharoitida iqtisodiy ko'rsatkichlarni prognozlash uchun bir tomondan klassik ekonometrik nazariya tamoyillaridan chetga chiqmagan, ikkinchi tomondan esa AI va Big Data imkoniyatlaridan to'liq foydalana oladigan integratsiyalashgan metodologiya talab etiladi. Amaliy tadqiqotlarda ko'p hollarda yoki faqat chiziqli ekonometrik modellarga, yoki faqat AI modellariga tayaniladi. Bu esa nazariy izchillik va natijalar talqinini qiyinlashtiradi. Shu nuqtai nazardan, klassik EKQ modeli, ko'p omilli chiziqsiz regressiyalar va AI asosidagi kompozit prognoz yondashuvini yagona tizimga birlashtirish ilmiy va amaliy jihatdan dolzarb vazifa hisoblanadi.

TADQIQOT MAQSADI VA VAZIFALARI

Tadqiqotning maqsadi – raqamli ilm-fan transformatsiyasi sharoitida iqtisodiy ko'rsatkichlarni prognozlash uchun AI va Big Data imkoniyatlarini hisobga olgan holda, eng kichik kvadratlar usuli, ko'p omilli chiziqsiz regressiyalar va korelyatsiya koeffitsenti hamda prognoz xatoliklariga tayanuvchi integratsiyalashgan kompozit prognoz modelini ishlab chiqish va nazariy jihatdan asoslashdan iborat.

Ushbu maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar belgilandi:

raqamli ilm-fan transformatsiyasi va ekonometrik prognozlash bo'yicha ilmiy-nazariy manbalarni tahlil qilish;

eng kichik kvadratlar usuliga asoslangan bazaviy chiziqli ekonometrik prognoz modelini formal tarzda ifodalash;

ko'p omilli chiziqsiz regressiya modellari yordamida iqtisodiy ko'rsatkichlar o'rtasidagi nolinear bog'lanishlarni formalizatsiya qilish;

korelyatsiya koeffitsenti va prognoz xatoliklari mezonlariga asoslangan, AI yordamida vaznlari optimallashtirilgan kompozit prognoz modelini taklif etish;

taklif etilayotgan yondashuvni O'zbekiston iqtisodiyotiga oid makroiqtisodiy ko'rsatkichlar misolida qo'llashning konseptual imkoniyatlarini yoritish.

Tadqiqot obyekti va predmeti.

Tadqiqot obyekti sifatida O'zbekiston iqtisodiyotining asosiy makroiqtisodiy ko'rsatkichlari (YaIM o'sish sur'ati, inflyatsiya darajasi, sanoat ishlab chiqarish indeksi, bandlik darajasi va boshqalar) qaraladi.

Tadqiqot predmeti esa mazkur ko'rsatkichlarni prognozlash jarayonida klassik ekonometrik usullarni AI va Big Data bilan integratsiyalashgan holda qo'llashga doir metodologiya va prognoz modellaridan iborat.

MATERIALLAR VA METODLAR

Tadqiqotning nazariy asosini zamonaviy ekonometrika, sun'iy intellekt va ma'lumotlar ilmi (data science) bo'yicha ilmiy manbalar tashkil etadi. Amaliy nuqtai nazardan esa, O'zbekiston iqtisodiyotining asosiy makroiqtisodiy ko'rsatkichlari misolida iqtisodiy prognozlash masalasi konseptual tarzda ko'rib chiqiladi. Big Data yondashuvi doirasida ma'lumotlar hajmi, turfa xilligi va yangilanish tezligi e'tiborga olinadi. Metodologik jihatdan uch bosqichli yondashuv qo'llanadi: birinchi bosqichda eng kichik kvadratlar usuliga asoslangan chiziqli ko'p omilli regressiya yordamida bazaviy model quriladi; ikkinchi bosqichda iqtisodiy jarayonlarning nolinear tabiatini aks ettiruvchi chiziqsiz regressiya modellari shakllantiriladi; uchinchi bosqichda esa korelyatsiya koeffitsenti va prognoz xatoliklari mezonlariga ko'ra turli modellardan olingan natijalar kompozit prognoz sifatida AI algoritmlari yordamida birlashtiriladi.

Ma'lumotlar bazasi va Big Data yondashuvi.

Raqamli ilm-fan transformatsiyasi sharoitida iqtisodiy prognoz modellarini qurish uchun davlat statistika organlari, Markaziy bank va tijorat banklari, xalqaro tashkilotlar ma'lumotlar bazalari, raqamli platformalar statistikasi hamda ayrim hollarda ijtimoiy tarmoqlar va veb-sahifalardan olinadigan "yumshoq" ko'rsatkichlar potensial manba sifatida qaraladi. Big Data konsepsiyasi

doirasida ma'lumotlarning hajmi (volume), tezligi (velocity), turfa xilligi (variety) va ishonchligi (veracity) markaziy o'ringa chiqadi.

Sun'iy intellekt algoritmlari katta hajmli ma'lumotlarni tozalash, yetishmayotgan qiymatlarni to'ldirish, ekstremal nuqtalarni aniqlash, o'lchamni qisqartirish va eng informativ omillarni tanlash bosqichlarida qo'llanilishi mumkin. Natijada klassik ekonometrik modellarga yuboriladigan ma'lumotlar sifati yaxshilanadi va prognoz natijalarining barqarorligi oshadi.

Eng kichik kvadratlar usuliga asoslangan chiziqli model

Bazaviy chiziqli model quyidagi ko'rinishda ifodalanadi:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 x_{1t} + \beta_2 x_{2t} + \dots + \beta_k x_{kt} + \varepsilon_t, \quad t = 1, 2, \dots, T,$$

Bu yerda:

y_t — prognoz qilinayotgan iqtisodiy ko'rsatkich (masalan, YaIM o'sish sur'ati),

x_{jt} — omillar (investitsiyalar, eksport, inflyatsiya va boshqalar),

β_j — baholanishi lozim bo'lgan parametrlar,

ε_t — tasodifiy xatolar.

Matritsali ko'rinishda parametrlar vektori quyidagicha aniqlanadi:

$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1} X'y,$$

bu yerda:

X — kuzatuvlar matritsasi,

y — natija vektori.

Model sifatini baholashda quyidagi ko'rsatkichlardan foydalaniladi:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T (y_t - \hat{y}_t)^2}{\sum_{t=1}^T (y_t - \bar{y})^2},$$

ajastlangan determinatsiya koeffitsienti R^2 ,

F-statistika, t-statistikalar,

prognoz xatoliklari:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (y_t - \hat{y}_t)^2},$$

$$MAPE = \frac{100\%}{T} \sum_{t=1}^T \left| \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right|.$$

AI va Big Data yondashuvi ushbu bosqichda omillarni tanlash (feature selection) va multikollinearlikni aniqlash uchun (LASSO, Ridge, VIF va boshqalar) faol qo'llanadi.

Ko'p omilli chiziqsiz regressiya modellari

Raqamli iqtisodiyotda ko'rsatkichlar o'rtasidagi bog'lanish ko'pincha nolinear bo'lib, ularni chiziqli model orqali to'liq qamrab olish mushkul. Shu sababli ikkinchi bosqichda ko'p omilli chiziqsiz regressiya modellari qo'llanadi. Umumiy ko'rinishda model quyidagicha yoziladi:

$$y_t = f(x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{kt}; \theta) + \varepsilon_t,$$

bu yerda: $f(\cdot)$ — parametrlar vektori θ ga bog'liq nolinear funksiya.

Amaliyotda quyidagi modellardan keng foydalaniladi:

1) Polinom regressiya:

$$y_t = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j x_{jt} + \sum_{j=1}^k \gamma_j x_{jt}^2 + \varepsilon_t;$$

2) Log-log va semi-log modellari:

$$\ln y_t = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j \ln x_{jt} + \varepsilon_t;$$

3) Kobb-Duglas tipidagi funksiyalar:

$$y_t = A \prod_{j=1}^k x_{jt}^{\alpha_j} \cdot e^{\varepsilon_t},$$

yoki logaritmlab:

$$\ln y_t = \ln A + \sum_{j=1}^k \alpha_j \ln x_{jt} + \varepsilon_t.$$

Chiziqsiz modellar parametrlarini baholash uchun nolinear eng kichik kvadratlar usuli, gradient asosidagi optimallashtirish algoritmlari yoki AI elementlari (genetik algoritmlar, bayesiy optimallashtirish)dan foydalanish mumkin.

Korelyatsiya va xatolik mezonlariga asoslangan kompozit prognoz modeli

Uchinchi bosqichda chiziqli va chiziqsiz modellardan olingan prognozlar, shuningdek AI asosidagi qo‘shimcha modellarning prognozlari kompozit prognoz sifatida birlashtiriladi. Faraz qilaylik, m ta model mavjud:

$$\hat{y}_t^{(1)}, \hat{y}_t^{(2)}, \dots, \hat{y}_t^{(m)}$$

Kompozit prognoz quyidagicha aniqlanadi:

$$\hat{y}_t^* = \sum_{i=1}^m w_i \hat{y}_t^{(i)}, \quad \sum_{i=1}^m w_i = 1, \quad w_i \geq 0.$$

Vaznlar vektori $w = (w_1, \dots, w_m)$ quyidagi maqsad funksiyasini optimallashtirish orqali topiladi:

$$\max_w J(w) = \rho(y, \hat{y}^*(w)) - \lambda \cdot \frac{RMSE(w)}{RMSE_0},$$

bu yerda

$\rho(y, \hat{y}^*(w))$ — haqiqiy va prognoz qilingan qiymatlar o‘rtasidagi Pearson korelyatsiya koeffitsenti,

$RMSE(w)$ — kompozit prognozning o‘rtacha kvadratik xatosi,

$RMSE_0$ — bazaviy model xatosi,

$\lambda > 0$ — korelyatsiya va xatolik orasidagi muvozanat parametridir.

Vaznlarni topish uchun gradient usullari, genetik algoritmlar yoki zarralar royi (particle swarm) optimallashtirish kabi AI texnikalari qo‘llanadi.

NATIJALAR (KONSEPTUAL TAHLIL)

Taklif etilgan uch bosqichli yondashuvning asosiy natijasi shundan iboratki, klassik eng kichik kvadratlar modeli raqamli iqtisodiyot sharoitida ham bazaviy vosita sifatida qoladi, biroq uning prognoz aniqligi ko'p omilli chiziqsiz regressiyalar va AI asosidagi kompozit prognoz modeli bilan birgalikda sezilarli darajada oshirilishi mumkin. Chiziqli model iqtisodiy nazariyani talqin qilish va omillar ta'sirini soddalashtirilgan shaklda ko'rsatish uchun qulay bo'lsa-da, nolinear modellar iqtisodiy jarayonlarning murakkab dinamikasini aniqroq aks ettiradi.

Shartli tahlillar shuni ko'rsatadiki, chiziqli model asosida olingan R^2 ko'rsatkichini oshirish va prognoz xatoliklarini kamaytirish uchun nolinear omillarni kiritish zarur bo'ladi. Kompozit prognoz modeli esa turli yondashuvlarning kuchli tomonlarini sintez qilib, turli davrlarda (barqaror o'sish, inqiroz, pandemiya va h.k.) prognoz barqarorligini qo'llab-quvvatlaydi. AI yordamida vaznlarni moslashuvchan belgilash natijasida ayrim davrlarda chiziqsiz model, boshqa davrlarda esa chiziqli model prognozi ustun ahamiyat kasb etishi mumkin.

Raqamli ilm-fan transformatsiyasi iqtisodiy tadqiqotlarga yangi bosqich sifatida qaralmoqda. Bir tomondan, klassik ekonometrik yondashuvlar parametrlarning iqtisodiy mazmunini talqin qilish va nazariy modellarni tekshirish uchun qulaylik yaratadi. Ikkinchi tomondan esa, AI va Big Data vositalari murakkab nolinear bog'lanishlarni aniqlash va prognoz aniqligini oshirishda katta imkoniyatlarni taqdim etadi.

Taklif etilgan uch bosqichli yondashuv nazariy izchillik va amaliy samaradorlikni uyg'unlashtirishga xizmat qiladi. Klassik EKQ modeli tadqiqotchi uchun tushunarli va talqin qilish oson bo'lgan parametrlar beradi, chiziqsiz regressiyalar iqtisodiy jarayonlardagi nolinear ta'sirlarni ochib beradi, AI asosidagi kompozit model esa turli yondashuvlarni birlashtirib, prognozning umumiy aniqligi va barqarorligini oshiradi.

Shu bilan birga, ma'lumotlar sifati, huquqiy va etika cheklolari, hisoblash resurslari kabi omillar mazkur modelni amaliyotga joriy etishda alohida e'tibor talab qiladi. Xususan, Big Data manbalarining ishonchliligi va mosligi, shuningdek AI algoritmlarining "qora quti" xususiyati ayrim hollarda model natijalarini talqin qilishni qiyinlashtirishi mumkin. Kelgusida haqiqiy makroiqtisodiy ma'lumotlar asosida empirik sinovlar o'tkazish va boshqa mamlakatlar iqtisodiyoti misolida modellarni taqqoslash dolzarb vazifa bo'lib qoladi.

XULOSA VA TAKLIFLAR

Yuqoridagi tahlillar asosida quyidagi xulosalar va takliflar ilgari suriladi:

1) raqamli ilm-fan transformatsiyasi sharoitida iqtisodiy prognozlashda klassik ekonometrik modellar va AI yondashuvlarini qarama-qarshi qo'yish emas, balki ularni integratsiyalash ustuvor vazifa hisoblanadi;

2) eng kichik kvadratlar usuliga asoslangan chiziqli model iqtisodiy nazariyani talqin qilish uchun zarur bo'lsa-da, prognoz aniqligini oshirish uchun ko'p omilli chiziqsiz regressiyalar va AI asosidagi kompozit prognoz modellari bilan to'ldirilishi lozim;

3) korelyatsiya koeffitsienti va prognoz xatoliklari mezonlariga tayangan holda AI yordamida vaznlangan kompozit prognoz modeli turli tipdagi modellar ustunliklarini uyg'unlashtiradi va prognozning umumiy aniqligini oshiradi;

4) O'zbekiston iqtisodiyoti uchun YaIM, inflyatsiya, bandlik, eksport-import kabi asosiy ko'rsatkichlar bo'yicha Big Data bazalarini shakllantirish hamda ularni tadqiqotchilar uchun ochiq formatda taqdim etish ilmiy izlanishlar samaradorligini sezilarli ravishda oshiradi;

5) oliy ta'lim muassasalarida ekonometrika, raqamli iqtisodiyot va ma'lumotlar ilmi fanlari doirasida AI va Big Data bilan integratsiyalashgan ekonometrik prognoz modellarini o'qitish bo'yicha maxsus o'quv modullarini joriy etish maqsadga muvofiqdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Gujarati D. N. Basic Econometrics. McGraw-Hill.
2. Wooldridge J. M. Introductory Econometrics: A Modern Approach.
3. Box G. E. P., Jenkins G. M., Reinsel G. C. Time Series Analysis: Forecasting and Control.
4. Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach.
5. Provost F., Fawcett T. Data Science for Business.
6. O‘zbekiston Respublikasi Davlat statistika qo‘mitasi rasmiy ma’lumotlari.