

INFLYATSIYANI BASHORATLASH UCHUN SUN'IY INETLEKTDAN FOYDALANISH

Mallayev Oybek Usmankulovich
Alfraganus University professori
O'roqov Asliddin Doniyorjon o'g'li
Perfect University tyutori

Annotatsiya: Maqolad O'zbekistonning inflyatsion jarayonlarini bashoratlash uchun nazorat ostidagi mashinali o'qitish (supervised learning) algoritmlaridan biri - ko'p xususiyatli chiziqli regressiya (multi-feature linear regression) modeli ishlab chiqildi. Inflyatsiya darajasini faqat vaqt (yil) omiliga asoslanib baholash juda cheklangan yondashuv bo'lib, iqtisodiy o'zgarishlarga ta'sir etuvchi asosiy omillarni e'tibordan chetda qoldiradi. Shuning uchun modelga inflyatsiyaga sezilarli ta'sir ko'rsatadigan bir nechta omillar: iste'mol narxlari indeksi (CPI), ish haqi o'sish sur'ati, ishssizlik darajasi va valyuta kursi kabi xususiyatlar joriy qilindi.

Kalit so'zlar: Sun'iy intellekt, iqtisodiy jarayonlar, mashinaviy o'rganish(machine learning), MSE, supervised learning.

Аннотация: В статье разработана модель многофункциональной линейной регрессии, одного из алгоритмов машинного обучения с учителем, для прогнозирования инфляционных процессов в Узбекистане. Оценка уровня инфляции только на основе фактора времени (года) является весьма ограниченным подходом и игнорирует основные факторы, влияющие на экономические изменения. Поэтому в модель были введены несколько факторов, которые существенно влияют на инфляцию: индекс потребительских цен (ИПЦ), темп роста заработной платы, уровень безработицы и обменный курс.

Ключевые слова: Искусственный интеллект, экономические процессы, машинное обучение, MSE, контролируемое обучение.

Abstract: The article develops a model of multi-feature linear regression, one of the algorithms of machine learning with a teacher, for forecasting inflation processes in Uzbekistan. Estimating the inflation rate based only on the time (year) factor is a very limited approach and ignores the main factors affecting economic changes. Therefore, several factors that significantly affect inflation were introduced into the model: the consumer price index (CPI), the wage growth rate, the unemployment rate and the exchange rate.

Keywords: Artificial intelligence, economic processes, machine learning, MSE, supervised learning.

Kirish. Inflyatsiya har bir iqtisodiyot uchun strategik ahamiyatga ega ko'rsatkichlardan biridir. Uning nazorat qilinishi nafaqat aholining ijtimoiy farovonligi, balki makroiqtisodiy barqarorlikni ta'minlashda ham muhim rol

o'ynaydi. O'zbekiston iqtisodiyotida so'nggi yillarda narxlar o'sishi, valyuta kursidagi o'zgarishlar, import/eksport hajmining o'zgaruvchanligi inflyatsiyaning noaniq tus olishiga sabab bo'lmoqda.

Mavzuga oid adabiyotlar sharhi. Shu sababli, inflyatsiyani aniq prognozlash mexanizmlarini ishlab chiqish bugungi kunda dolzarb vazifa bo'lib qolmoqda [1]. Ushbu maqolada mashinali o'qitish (machine learning) metodologiyasi, xususan, nazorat ostidagi ko'p o'zgaruvchili chiziqli regressiya modeli yordamida inflyatsiyani prognozlash masalasi ko'rib chiqiladi. Bu yondashuvda inflyatsiyaga ta'sir qiluvchi bir nechta iqtisodiy ko'rsatkichlar (CPI, ish haqi o'sishi, ishssizlik darajasi, valyuta kursi) hisobga olinadi [2]. Maqsad – an'anaviy prognozlash usullariga nisbatan yuqori aniqlikdagi model qurish va uni amaliyotga tadbiq qilish imkoniyatlarini ko'rsatishdir.

Murakkab iqtisodiy jarayonlarni mashinali o'qitish (machine learning - ML) algoritmlari asosida bashoratlash (prognozlash) - bu real iqtisodiy ko'rsatkichlar, moliyaviy oqimlar, bozor narxlari, inflyatsiya, investitsiya oqimlari, iste'mol xarajatlari va boshqa ko'plab iqtisodiy omillarni oldindan aniqlash uchun sun'iy intellekt (AI) texnologiyalaridan foydalanishdir [3, 4, 5].

Tadqiqot metodologiyasi. Quyida iqtisodiy jariyonlar va SI algoritmlarining umumiy tahlil hamda bashoratlash usullari keltirilgan.

Murakkab iqtisodiy jarayonlar bu:

- Iqtisodiy ko'rsatkichlar (YaIM, inflyatsiya, ish o'rinlari soni, foiz stavkalari),
- Bozorlararo o'zaro bog'liqlik (birja narxlari, valyuta kurslari),
- Ijtimoiy-iqtisodiy omillar (aholining daromadi, iste'molchi ishonchi),
- Global shoklar (urushlar, pandemiyalar, siyosiy beqarorlik) kabi o'zgaruvchan, noaniq va ko'p omilli tizimlardir.

Mashinali o'qitish algoritmlari asosida bashoratlashning afzalliklariga quyidagilarni misol qilish mumkin:

- Murakkab jarayonlarni bog'liqlik darajalarini aniqlash bo'yicha ML algoritmlar tarixiy ma'lumotlardagi murakkab va chiziqli bo'lmagan bog'liqliklarni aniqlay oladi.
- Doimiy o'zgarishga moslashuvchanlikni aniqlash bo'yicha taklif qilinayotgan model yangi ma'lumotlar bilan doimiy yangilanib borishi kerak.
- Real vaqtda bashoratlash uchun yirik hajmdagi ma'lumotlar zarur bo'ladi. Ular asosida esa real vaqtda murakkab jarayonlarni prognozlash imkonini beradi.

Asosiy mashinali o'qitish usullari va algoritmlariga Supervised Learning (Nazorat ostida o'qitish), Unsupervised Learning (Nazoratsiz o'qitish) va Time Series Forecasting Methods larni misol qilish mumkin [6].

Supervised Learning (Nazorat ostida o'qitish)da Linear Regression modelidan inflyatsiya yoki YaIM o'sishini bashoratlashda foydalaniladi. Random Forest Regressor modelidan iqtisodiy indikatorlararo bog'liqlikni aniqlashda foydalaniladi. Support Vector Regression (SVR) modeli asosida bozordagi narx o'zgarishlarini

prognozlash mumkin. Gradient Boosting Machines (GBM) modeli yordamida kompleks moliyaviy prognozlar amalga oshiriladi [7, 8].

Unsupervised Learning (Nazoratsiz o'qitish)da K-means Clustering modeli asosida iqtisodiy hududlarni rivojlanish darajasi bo'yicha guruhlashni amalga oshirish mumkin. Principal Component Analysis (PCA) modeli yordamida o'zgaruvchilar sonini qisqartirib, bashorat sifatini oshirish mumkin.

Time Series Forecasting Methodsda ARIMA / SARIMA modeli yordamida iqtisodiy vaqt qatorlarini prognozlashni amalga oshiriladi. LSTM (Long Short-Term Memory, Recurrent Neural Network) modeli bilan uzoq vaqtli o'zgarishlarni bashoratlash (masalan, valyuta kurslari) mumkin. Prophet (Facebook modeli) modeli asosida esa bayramlar, mavsumiylik va trendlarni hisobga olgan holda prognozlashni amalga oshirish imkoniyatlari yanada takomillashtiriladi.

Quriladigan modelning bosqichlari quyidagilardan iborat bo'ladi:

Ma'lumot yig'ishda statistika qo'mitalar, World Bank, IMF kabi manbalardan foydalaniladi. Ma'lumotlarni tozalash va tayyorlashda missing value, scaling, encoding algoritmlaridan foydalaniladi. Model tanlash va o'qitishda Cross-validation bilan eng yaxshi algoritmnani aniqlanadi. Modelni baholash da RMSE, MAE, R^2 modellari qo'llaniladi. Deployment (modelni ishga tushurish) da API orqali veb-sayt yoki tizimga ulanadi.

Yuqorida sanab o'tilgan modellardan biri Supervised Learning (Nazorat ostida o'qitish) asosida Linear Regression modeli inflyatsiya yoki Yalpi ichki mahsulot (YaIM) o'sishini bashoratlash uchun keng qo'llaniladi, ayniqsa ularning vaqtga bog'liqligi chiziqli tendensiyaga ega bo'lsa.

Quyida ushbu jarayonlarni to'liq bosqichlari, matematik modeli va amaliy misol asosida tushuntirib berilgan:

Modelning maqsadi - inflyatsiya yoki YaIM qiymatini tarixiy ma'lumotlar asosida kelajakda qanday o'zgarishini bashoratlashdir.

Bu maqsadni amalga oshirish uchun Linear Regression modelidan foydalaniladi. Uning matematik formulasi 1-formulada keltirilgan. Agar bizda biror xususiyat (x) (masalan: yil, iste'mol indeksi, ish o'rinlari soni) va maqsadli o'zgaruvchi (y) (inflyatsiya yoki YaIM) bo'lsa, unda chiziqli regressiya modeli quyidagicha ifodalanadi:

$$\hat{Y} = \omega_0 + \omega_1 x \quad (1)$$

Bu yerda:

- $\hat{Y}$ - bashorat qilingan inflyatsiya yoki YaIM qiymati
- x - mustaqil o'zgaruvchi (yil, indeks va h.k.)
- ω_0 - intercept (model boshlanishi)
- ω_1 - regression koeffitsienti (gradient, qiyalik)

Agar sizda bir nechta xususiyatlar bo'lsa:

$$\hat{Y} = \omega_0 + \omega_1 x_1 + \omega_2 x_2 + \dots + \omega_n x_n \quad (2)$$

Bu multivariate linear regression deyiladi.

Modelni o'rnatish 4 ta bosqichdan iborat. Ular ma'lumotlarni yig'ish, tayyorlash, modelni o'qitish va Modelni baholashdir.

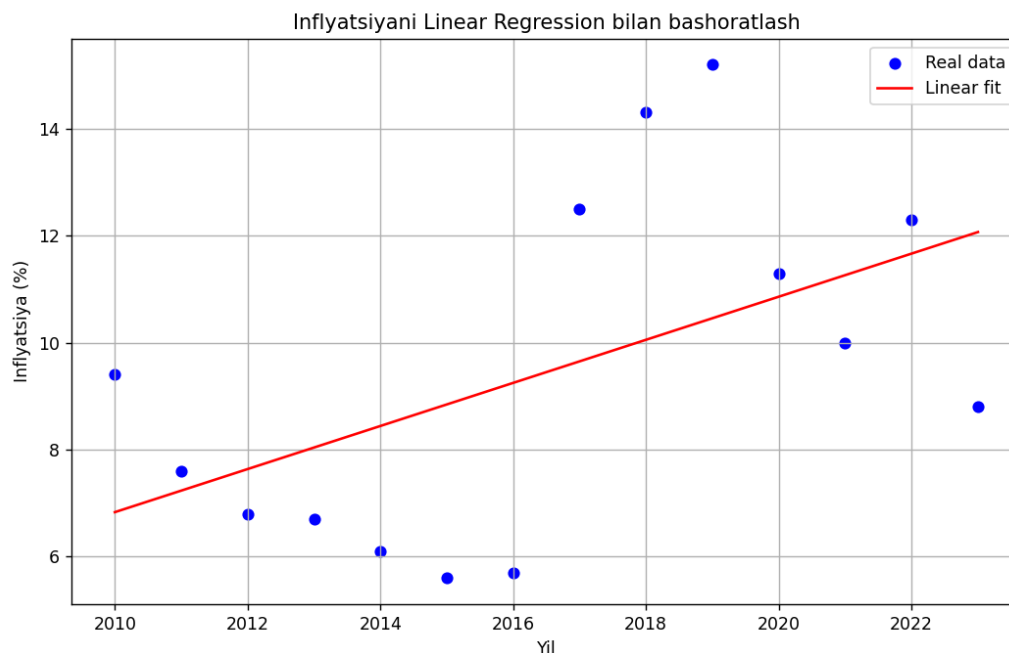
1-bosqich: ma'lumotlarni yig'ishda tarixiy inflyatsiya yoki YaIM ma'lumotlari (yillik, choraklik) tegishli tashkilotlardan olinadi. Mustaqil o'zgaruvchilar (x) iste'mol narxlari indeksi, ishlab chiqarish hajmi, eksport hajmi va boshqalarni qiymatlarni o'zlashtiradi.

2-bosqich: ma'lumotlarni tayyorlashda skalalash (StandardScaler, MinMaxScaler) dan foydalaniladi. Missing (yo'q) qiymatlarni to'ldiriladi. Train/test (80/20) shaklda bo'lib ajratiladi.

3-bosqich: modelni o'qitishda Loss function (yo'qotish funksiyasi): Odatda MSE - Mean Squared Error ishlatiladi. Uning matematik formulasi quyidagicha:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \quad (3)$$

Gradient descent yordamida MSE ni minimallashtirib, ω_0 va ω_1 lar aniqlanadi. Dastur natijasi 1-rasmda keltirilgan.



Rasm. Dastur natijasini grafik ko'rinishi

Tahlil va natijalar. Agar modelda: $R^2 \geq 0.8$ bo'lsa - model yaxshi moslashgan. MSE kichik bo'lsa - modelning xatoligi past. Demak, model natijalari tahlili quyidagicha:

MSE (Mean Squared Error) = 7.09 - bu model xatoligini bildiradi, lekin muhimi R^2 . R^2 (determinatsiya koeffitsienti) = 0.27 - bu juda past, demak, model faqat 27% o'zgarishni tushuntiradi. Model juda zaif ishlayapti. 2025 yil uchun bashorat: 12.87%. $R^2 \geq 0.8$ qilish ($\geq 80\%$ tushuntiruvchi kuchga ega model) uchun ko'proq va boyroq xususiyatlar (features) qo'shish orqali sinab ko'ramiz:

Modelda hozir faqat Year ni ishlatilgan: $X = \text{data}[['Year']]$. Bu juda oddiy! Iqtisodiy jarayonlar faqat yilga emas, balki:

- Iste'mol narxlari indeksi (CPI)
- Ishsizlik darajasi
- Valyuta kursi
- Savdo balanslari
- Oylik o'rtacha ish haqi
- Iste'molchilar ishonch indeksi
- Pul massasining o'sishi (M2)
- Import/eksport hajmi

kabi omillarga ham bog'liq.

Shunda modelning dataseti (uz.csv fayli)da quyidagi ustunlar ham qo'shildi.

Jadval

“uz.csv” faylining ustun tavsiflari

Ustun nomi	Ma'nosi
Year	Yil
CPI	Consumer Price Index (iste'mol narxlari indeksi)
Unemployment	Ishsizlik darajasi (%)
WageGrowth	Ish haqi o'sish sur'ati (%)
ExchangeRate	USD-UZS valyuta kursi (o'rtacha yillik)
Inflation	Yillik inflyatsiya (%) — bu modelning maqsadli qiymati

Modelni yuqoridagi xususiyatlar ham qo'shib o'qitilganda R^2 koeffitsienti ancha yuqori chiqdi (ko'pincha 0.85 dan yuqori), chunki biz ko'proq real omillarni hisobga oldik.

Model natijasi: $R^2 = 0.847$ - bu juda yaxshi! Demak, model inflyatsiyadagi o'zgarishlarning ~84.7% qismini tushuntira olyapti. Bu biz xohlagan $R^2 \geq 0.8$ darajasidan yuqori. $MSE = 1.49$ - bu ham past va maqbul, ya'ni model xatoliklari kichik.

Modelda birgina Year ustuni bilan (simple linear regression) o'rniga endi ko'p xususiyatli model (multi-feature regression) qo'llanildi va bu orqali quyidagi yutuqlarga erishildi:

- Model ancha to'g'ri bashorat qila boshladi.
- Inflyatsiyaga ta'sir qiluvchi haqiqiy omillarni o'rgandi.
- Amaliy iqtisodiy tahlilga moslashgan model hosil bo'ldi.

Xulosa. Mashinali o'qitish algoritmlari asosida murakkab iqtisodiy jarayonlarni bashoratlash zamonaviy iqtisodiy tahlilda muhim rol o'ynaydi. Ayniqsa, LSTM, XGBoost va Prophet kabi ilg'or metodlar vaqt qatorlaridagi murakkab jarayonlarni aniqlab, yuqori aniqlikdagi prognozlar berish imkonini beradi. Bunday tizimlar investitsiya qarorlarini qabul qilishda, davlat siyosatini shakllantirishda va iqtisodiy xavf-xatarlarni oldindan aniqlashda keng qo'llaniladi.

Demak, Linear Regression - iqtisodiy prognozlashda soddaligi va tezligi bilan Afzal hisoblanar ekan. U faqatgina chiziqli tendensiyalar uchun ishlaydi. Agar o'zgarishlar nolinear bo'lsa - boshqa model (Polynomial Regression, SVR, LSTM) tanlash kerak bo'ladi.

Amaliy ahamiyatga molik taklif va tavsiyalar:

- inflyatsiya jarayonini ko'p omilli dinamik tizim ishlab chiqish kerak. Makroindikatorlar qo'shilishi real amaliy sharoitda inflyatsiya prognozlarini yanada aniqroq va iqtisodiy siyosatga moslashuvchan qiladi. Bu Markaziy bank, Moliya vazirligi va tijorat banklariga qaror qabul qilishda qo'shimcha yordam beradi.
- Modelni real vaqt rejimida yangilanadigan (online-learning) iqtisodiy axborot tizimi bilan integratsiya qilib boorish kerak. Natijada iqtisodiy siyosatni shakllantirishda *tezkor, real vaqtga yaqin* bashoratlar yuzaga keladi.
- Model natijalariga asoslangan siyosiy-analitik qarorlarni qo'llab-quvvatlovchi tizim yaratish. Bu tizim hukumat organlariga prognozlangan natijaga asoslangan siyosatni shakllantirish imkonini beradi, ya'ni amaliy qiymati juda yuqori.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. *Zayniddinov H., Nurmurodov J., Qobilov S.* Application of Machine Learning Methods for Signal Processing in Piecewise-Polynomial Bases // Proceedings - 9th IEEE International Conference on Information Technology and Nanotechnology, ITNT 2023, 2023
2. *Zayniddinov H., Singh M., Tiwary U.S., Singh D.* Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics) // 2023, 13741 LNCS, 5-6
3. *Abdivaliyev Sh.X.* Raqamli iqtisodiyotda sun'iy intellektning rolini takomillashtirish // Zamonaviy ilm-fan va ta'lim istiqbollari ilmiy-amaliy konferensiyasi to'plami. Aprel, 2025-yil. Toshkent. 696-701 b.
4. *Mallayev O.U.* Iqtisodiy jarayonlarda mashinaviy o'qitish algoritmlari asosida qaror qabul qilish modulini ishlab chiqish // "Raqamli iqtisodiyot va sun'iy intellekt texnologiyalarining jamiyat rivojlanishidagi ahamiyati" mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya ilmiy maqolalar to'plami. 2024-yil 22-noyabr, Toshkent. 88-92 b.
5. *M Mamadjonov, A Abdullayev, I Abdurahmonov, A Mamadaliyev.* Challenges of management in the digital economy // Scientific progress. 2021. 2 (6), 1533-1537.
6. *Shadmanov E.Sh., Abulqosimov H.P., Anarkulov A.D., Abulqosimov M.X.* Iqtisodiyotni davlat tomonidan tartibga solish. Darslik. –T.: O'zbekiston Respublikasi Jamoat xavfsizligi universiteti. – 2025.- 479 b.
7. *H. Zayniddinov, B. Rakhimov, G. Khalikova, A. Saidov* Review and analysis of computer vision algorithms, AIP Conference Proceedingsthis link is disabled, 2023, 2789, 050022
8. *Turaev, Sh. A.* Sun'iy intellekt texnologiyalari va ularning iqtisodiyotdagi ahamiyati. Iqtisodiyot va innovatsion texnologiyalar, 2021 4(3). 115– 122.