

**KO'P XUSUSIYATLI MASHINALI O'QITISH MODELLARIDAN FOYDALANIB
INFLYATSIYANI BASHORATLASH****Mallayev Oybek Usmankulovich**

Alfraganus University Raqamli texnologiyalar kafedrası professori.

E-mail: o.mallayev@afu.uz**O'roqov Asliddin Doniyorjon o'g'li**

Perfect University Iqtisodiyot fakulteti tyutori.

E-mail: asliddinurakov@gmail.com**<https://doi.org/10.5281/zenodo.15845152>**

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.

Model uchun tarixiy ma'lumotlar asosida yaratilgan sun'iy inflation_multi_feature.csv fayli ishlatildi. O'qitilgan modelda R^2 koeffitsienti 0.847 qiymatni ko'rsatdi, bu esa inflyatsiyadagi o'zgarishlarning 84.7 foizini tushuntira olishini bildiradi. MSE (Mean Squared Error) esa atigi 1.48 bo'ldi. Bu natijalar shuni ko'rsatadiki, bir nechta omillarni hisobga olgan holda qurilgan regressiya modeli ancha yuqori aniqlikka ega bo'ldi.

Tadqiqot natijalari inflyatsiya prognozlashda faqat vaqt parametriga tayanish emas, balki iqtisodiy faoliyatni har tomonlama tavsiflovchi ko'rsatkichlarni tahlil qilish zarurligini isbotlaydi. Ushbu model hukumat siyosatida, byudjet rejalashtirishda va bank sektorining monetar siyosatini shakllantirishda yordam berishi mumkin. Keyingi bosqichda modelga vaqt qatori (time-series) modellarini integratsiya qilish va real statistik ma'lumotlar bilan sinovdan o'tkazish rejalashtirilmoqda.

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

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИНФЛЯЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ**

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.

Для модели использовался искусственный файл inflation_multi_feature.csv, созданный на основе исторических данных. Коэффициент R^2 в обученной модели показал значение 0,847, что означает, что она может объяснить 84,7 процента изменений инфляции. MSE (средняя квадратичная ошибка) составила всего 1,48. Эти результаты показывают, что регрессионная модель, построенная с учетом нескольких факторов, имеет гораздо более высокую точность.

Результаты исследования доказывают, что при прогнозировании инфляции необходимо анализировать показатели, комплексно характеризующие экономическую активность, а не полагаться только на временной параметр. Данная модель может помочь в государственной политике, бюджетном планировании и формировании денежно-кредитной политики банковского сектора. На следующем этапе планируется интегрировать в модель модели временных рядов и протестировать ее на реальных статистических данных.

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

INFLATION FORECASTING USING MULTIFUNCTIONAL MACHINE LEARNING MODELS

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.

The model used an artificial inflation_multi_feature.csv file created based on historical data. The R^2 coefficient in the trained model showed a value of 0.847, which means that it can explain 84.7 percent of inflation changes. The MSE (root mean square error) was only 1.48.

These results show that the regression model built taking into account several factors has a much higher accuracy.

The results of the study prove that when forecasting inflation, it is necessary to analyze indicators that comprehensively characterize economic activity, and not rely only on the time parameter. This model can help in public policy, budget planning and the formation of monetary policy in the banking sector. At the next stage, it is planned to integrate time series models into the model and test it on real statistical data.

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. 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].

Quyida iqtisodiy jaryonlar 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 [9, 10]. Prophet (Facebook modeli) modeli asosida esa bayramlar, mavsumiylik va trendlarni hisobga olgan holda prognozlashni amalga oshirish imkoniyatlari yanada takomillashtiriladi.

Quyidagi jadvalda yuqorida sanba o'tilgan modellarga misollar keltirilgan.

1-jadval.

Amaliy misollar.

Jarayon	Model	Maqsad
Inflyatsiya prognozi	LSTM, ARIMA	Oylik/yillik inflyatsiyani aniqlash
Fond bozorida o'zgarishlar	Random Forest, XGBoost	Aksiya narxlarining trendini aniqlash
Valyuta kursi bashorati	LSTM, SVR	USD/EUR narxini oldindan bilish

Kredit xavfi tahlili	Logistic Regression, CatBoost	Qarzorning to'lovga layoqatligini baholash
Ishsizlik darajasi	Linear Regression, GBM	Yillik ishchi kuchi o'zgarishini tahlil qilish

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 algoritmnini 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.

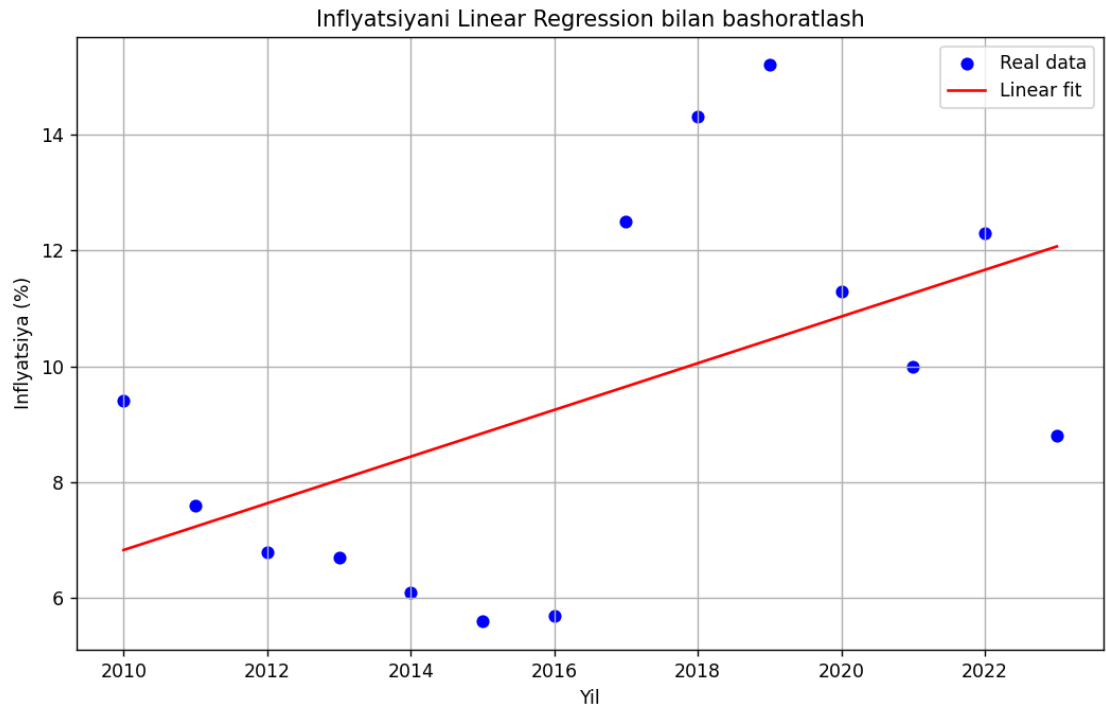
1-bosqich: ma'lumotlarni yig'ishda tarixiy inflyatsiya yoki YaIM ma'lumotlari (yillik, choraklik) tegishli tashkilotlardan olinadi. Mustaqil o'zgaruvchilar (x) iste'mol narxlari indeksi, ishlab chiqarish hajmi, eksport hajmi va boshqalarni qiymatlarni o'zlashtiradi.

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.



1-rasm. Dastur natijasini grafik ko'rinishi

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 **muhiimi 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: $X = \text{data}[:, \text{'Year'}]$. 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.

2-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.

ADABIYOTLAR RO'YXATI (REFERENCES)

1. Zaynidinov 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. Zaynidinov 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 Proceedings [this 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.
9. *Намазов Г. Ш.* Худуд макроиктисодий кўрсаткичларини прогноз қилишда ARIMA модели ва сунъий нейрон тўр (ANN) воситаларини таққослаш //Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences. – 2022. – Т. 2. – №. 3. – С. 1018-1032.
10. *Юсупов, Ж. А.* Цифровизация экономики Узбекистана: текущее состояние и перспективы. Экономика и финансы (Узбекистан), 2020 3(6), 20–28.