

## FARMATSEVTIKA BOZORIDA TALAB VA TAKLIFNI PROGNOZLASHDA SUN'YIY INTELLEKT ALGORITMLARIDAN FOYDALANISH

**Xomidov Soxibmalik Olimovich**

Buxoro davlat universiteti  
“Buxgalteriya hisobi va statistika” kafedrası  
iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), dotsent,  
E-mail: [soxibmalik1981@mail.ru](mailto:soxibmalik1981@mail.ru)

### **Annotatsiya**

Ushbu ilmiy maqolada farmatsevtika bozorida talab va taklifni prognozlashda sun'iy intellekt (SI) algoritmlaridan foydalanish masalalari tadqiq etilgan. Maqsad: farmatsevtika sohasida SI asosidagi prognozlash modellarini qiyosiy tahlil qilish va O'zbekiston farmatsevtika bozori uchun eng samarali algoritmni aniqlash. Metodologiya: mashinali o'qitish (ML) algoritmlari – LSTM, Random Forest, XGBoost, Prophet – 2018–2024 yillar uchun O'zbekiston farmatsevtika bozori ma'lumotlari asosida sinab ko'rildi. RMSE, MAE va MAPE ko'rsatkichlari asosida algoritmlar qiyosiy baholandi. Natijalar: LSTM neyron tarmog'i eng yuqori aniqlikni ko'rsatdi (MAPE=4.2%), XGBoost esa tezligi va talqin qilish qulayligi bilan ajralib turdi. Xulosa: Gibrid SI-modellari (LSTM+XGBoost) O'zbekiston farmatsevtika bozorida talab-taklifni real vaqtda prognozlash uchun optimal yechim hisoblanadi.

**Kalit so'zlar:** sun'iy intellekt, farmatsevtika bozori, talab prognozi, taklif prognozi, mashinali o'qitish, LSTM, XGBoost, Random Forest, Prophet, O'zbekiston.

### **Аннотация**

В данной научной статье исследуются вопросы применения алгоритмов искусственного интеллекта (ИИ) для прогнозирования спроса и предложения на фармацевтическом рынке. Сравнительный анализ алгоритмов LSTM, Random Forest, XGBoost и Prophet проводился на основе данных фармацевтического рынка Узбекистана за 2018–2024 годы. LSTM-сеть показала наивысшую точность (MAPE=4,2%), гибридные модели (LSTM+XGBoost) признаны оптимальным решением для прогнозирования в реальном времени.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, фармацевтический рынок, прогнозирование спроса, машинное обучение, LSTM, XGBoost.

### **Abstract**

This scientific article investigates the application of artificial intelligence (AI) algorithms for demand and supply forecasting in the pharmaceutical market. Objective: To conduct a comparative analysis of AI-based forecasting models for the pharmaceutical sector and identify the most effective algorithm for the Uzbekistan pharmaceutical market. Methodology: Machine learning algorithms – LSTM, Random Forest, XGBoost, and Prophet – were tested using Uzbekistan pharmaceutical market data from 2018–2024. Algorithms were comparatively evaluated using RMSE, MAE, and MAPE indicators. Results: The LSTM neural network demonstrated the highest accuracy (MAPE=4.2%), while XGBoost was distinguished by its speed and interpretability. Conclusion: Hybrid AI models (LSTM+XGBoost) represent the

optimal solution for real-time demand-supply forecasting in the Uzbekistan pharmaceutical market.

**Keywords:** artificial intelligence, pharmaceutical market, demand forecasting, supply forecasting, machine learning, LSTM, XGBoost, Random Forest, Prophet, Uzbekistan.

## KIRISH

Farmatsevtika sanoati zamonaviy iqtisodiyotning eng strategik muhim sohalaridan biri sifatida nafaqat iqtisodiy, balki ijtimoiy-sogʻliqni saqlash nuqtai nazaridan ham alohida ahamiyat kasb etadi. Global farmatsevtika bozorining hajmi 2023-yilda 1,48 trillion AQSh dollarini tashkil etgan boʻlib (Statista), 2030-yilga kelib 2,1 trillion dollarga yetishi kutilmoqda. Biroq shu bilan birga, soha talab va taklifni prognozlashda bir qator murakkab muammolarga duch kelmoqda: dori-darmonlarga boʻlgan talabning davriy va mavsumiy xarakter kasb etishi, taʼminot zanjirining uzilish xavfi, raqamli salomatlik platformalarining tez rivojlanishi va COVID-19 pandemiyasidan keyin oʻzgargan isteʼmol xulqi buning yorqin dalilidir.

Oʻzbekiston farmatsevtika bozori ham xuddi shu global tendensiyalar kontekstida faoliyat yuritmoqda. Mamlakat farmatsevtika sanoati 2017-2024 yillar davomida tizimli islohot yoʻlini bosib oʻtdi: mahalliy ishlab chiqarish ulushi 30%dan oshdi, 100 dan ortiq xorijiy investitsiyali farmatsevtika korxonalari roʻyxatdan oʻtdi va farmatsevtika bozori hajmi 2024-yilda 3,2 mlrd AQSh dollarini tashkil etdi (Oʻzbekiston Sogʻliqni saqlash vazirligi). Shu bilan birga, talab-taklif muvozanatini taʼminlashda hali jiddiy muammolar – mavsumiy defitsit holatlari, dori-darmon zaxiralarining ortiqcha toʻplanishi va narxlash siyosatidagi notoʻgʻri prognozlar – davom etmoqda.

Prognozlash metodologiyasi sifatida anʼanaviy statistik usullar (ARIMA, eksponensial tekislash, Holt-Winters modeli) farmatsevtika bozorining murakkab koʻp oʻzgaruvchili dinamikasini yetarli darajada aks ettira olmaydi. Sunʼiy intellekt va mashinali oʻqitish algoritmlarining jadal rivojlanishi esa prognozlash sohasida tubdan yangi imkoniyatlar yaratdi. Ayniqsa, chuqur oʻqitish metodlari – Long Short-Term Memory (LSTM), Transformer arxitekturalari – va gradient boosting algoritmlari (XGBoost, LightGBM) kabi vositalar koʻp oʻlchovli maʼlumotlarni real vaqtda qayta ishlash va yuqori aniqlikdagi prognoz berish qobiliyati bilan ajralib turadi.

Ilmiy adabiyotlar tahlili shuni koʻrsatmoqdaki, SI algoritmlarini farmatsevtika talabi va taklifini prognozlashda qoʻllash boʻyicha tadqiqotlar asosan rivojlangan mamlakatlar (AQSh, GFR, Xitoy) kontekstida olib borilgan (Huang va boshq., 2021; Kumar & Bhatia, Zhang va boshq.). Oʻzbekiston va Markaziy Osiyo farmatsevtika bozori uchun esa bunday ilmiy tadqiqotlar soni juda cheklangan, bu esa mavzuning dolzarbligini belgilaydi.

Ushbu maqolaning maqsadi – farmatsevtika sohasida SI asosidagi prognozlash modellarini qiyosiy tahlil qilish va Oʻzbekiston farmatsevtika bozori maʼlumotlari asosida eng samarali algoritmnii eksperimental aniqlash, shuningdek, natijalarni amaliy joriy qilish boʻyicha ilmiy asoslangan tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi shundan iboratki, O'zbekiston farmatsevtika bozorining o'ziga xos (mavsumiy model, sog'liqni saqlash tizimi xususiyati, ta'minot zanjiri infratuzilmasi) kontekstida SI algoritmlarining qiyosiy baholash metodologiyasi birinchi marta taqdim etilmoqda.

## ADABIYOTLAR SHARHI

Farmatsevtika bozorida talab prognozlashi bo'yicha ilmiy adabiyotlar ikki asosiy yo'nalishda rivojlangan: statistik usullar va sun'iy intellekt asosidagi usullar.

An'anaviy statistik usullar – ARIMA, SARIMA, eksponensial tekislash – farmatsevtika talabini prognozlashda uzoq yillar qo'llanib kelgan. ARIMA modeli Box va Jenkins tomonidan ishlab chiqilgan bo'lib, vaqt qatorlarini prognozlashda asosiy standart sifatida e'tirof etiladi. Biroq Syntetos va boshqalar tadqiqotida [7] ko'rsatilishicha, ARIMA modeli farmatsevtika bozorining tartibsiz (erratic) va tez-tez nolga teng (intermittent) talab profillarini to'liq aks ettira olmaydi. Holt-Winters modeli mavsumiy komponentni hisobga olish imkonini bersa ham, ko'p o'zgaruvchili omillarni (epidemiya, narx o'zgarishi, ta'minotdagi uzilishlar) qamrab olishda cheklangan.

Williams va Kolassa [9] o'z meta-tahlilida 47 ta farmatsevtika kompaniyasida qo'llanilgan an'anaviy prognozlash usullarining o'rtacha xatolik ko'rsatkichi (MAPE) 15–25% oralig'ida ekanligini aniqlagan. Bu esa amaliyotda ortiqcha zaxira yoki mahsulot yetishmovchiligi kabi muammolarni keltirib chiqaradi.

Mashinali o'qitish algoritmlarini farmatsevtika talabini prognozlashga qo'llash 2010-yillardan boshlab keng rivojlandi. Random Forest algoritmi Breiman tomonidan taklif etilgan bo'lib, ko'p o'zgaruvchili ma'lumotlarni qayta ishlash va overfittingga nisbatan chidamliligi bilan ajralib turadi. Huang va boshqalar [4] 150 ta dori preparati misolida Random Forest modeli ARIMA modeliga nisbatan 28% yuqori aniqlik ko'rsatganini aniqlagan.

Gradient boosting metodlari – XGBoost Chen va Guestrin tomonidan ishlab chiqilgan [3] hamda LightGBM Ke va boshqalar tomonidan taklif etilgan [5] – farmatsevtika yetkazib berish zanjirlarida talab prognozlashda keng qo'llanilmoqda. Ushbu modellar yuqori tezlik va aniqlikni birgalikda ta'minlashi bilan ajralib turadi. Kumar va Bhatia [6] Hindiston farmatsevtika sanoati misolida XGBoost modelining MAPE ko'rsatkichi 5,8% ekanligini ko'rsatgan.

LSTM (Long Short-Term Memory) neyron tarmoqlari Hochreiter va Schmidhuber tomonidan ishlab chiqilgan bo'lib, vaqt qatorlaridagi uzoq muddatli bog'liqliklarni aniqlash imkonini beradi. Zhang va boshqalar [10] Xitoy farmatsevtika bozorida 2000 dan ortiq preparatlar asosida olib borilgan tadqiqotda LSTM modelining MAPE ko'rsatkichi 3,8–5,2% oralig'ida ekanligini aniqlagan.

Prophet modeli Taylor va Letham tomonidan ishlab chiqilgan [8] bo'lib, mavsumiylik, bayram ta'siri va trend o'zgarishlarini avtomatik aniqlash imkonini beradi. Shu sababli u farmatsevtika sohasida qisqa va o'rta muddatli prognozlashda keng qo'llanilmoqda.

Gibrid modellar – bir nechta sun'iy intellekt algoritmlarini birlashtirish – eng istiqbolli yo'nalishlardan biri sifatida shakllandi. Aamer va boshqalar [1] tomonidan

taklif etilgan CNN-LSTM modeli alohida modellar bilan solishtirganda 15–20% yuqori aniqlikni ta'minlagan.

Mavjud tadqiqotlarning aksariyati rivojlangan mamlakatlar misolida olib borilgan. Babich va Kouvelis [2] ta'kidlaganidek, rivojlanayotgan bozorlarda, jumladan O'zbekiston sharoitida, prognozlash modellarini mahalliy omillar asosida qayta moslashtirish zarur hisoblanadi.

## METODOLOGIYA

Tadqiqot 2024 yil yanvar–dekabr oylarida O'zbekiston Sog'liqni saqlash vazirligi va O'zfarm sanoat uyushmasi bilan hamkorlikda o'tkazildi. Ma'lumot manbai sifatida O'zbekiston farmatsevtika bozorining 2018–2024 yillar davridagi oylik savdo statistikasi (84 kuzatuv nuqtasi), 47 farmatsevtika kompaniyasining omborxonasi va sotish ma'lumotlari hamda WHO ning xalqaro dori narxlari bazasi foydalanildi.

Tadqiqotda 1250 ta dori preparati tanlandi (ATC tasnifi bo'yicha A–N toifalari, har bir toifadan 150–200 preparat). Tanlama quyidagi mezonlarga asoslandi: muntazam sotish tarixi (2018 yildan beri), turli narx segmentlarini qamrab olish (generic, OTC, Rx) va turli ta'minotchi profillari (mahalliy ishlab chiqaruv, import).

### 1-jadval

**Tadqiqotda foydalanilgan ma'lumotlar tavsifi<sup>1</sup>**

Ko'rsatkich	Qiymat	Izoh
Kuzatuv davri	2018-yil yanvar – 2024-yil dekabr	84 oylik observation
Preparat soni	1250 ta	ATC A–N toifalari bo'yicha tanlama
O'quv to'plami	2018–2022 (60 oy)	70 foiz ma'lumot modalni o'qitish uchun
Validatsiya to'plami	2023 (12 oy)	15 foiz validatsiya uchun
Test to'plami	2024 (12 oy)	15 foiz yakuniy baholash uchun
O'zgaruvchilar soni	23 ta kiruvchi o'zgaruvchi	Mavsumiylik, narx, epidemiologik, makroiqtisodiy
Ma'lumot sifati (to'liqlik)	97.3 foiz	2.7foiz missing values – median imputation
Manbalar	SSV, O'zfarm sanoat, WHO, Markaziy bank	Rasmiy statistika manbalari

## TAHLIL VA NATIJALAR

Farmatsevtika bozori zamonaviy iqtisodiyotning eng muhim va murakkab segmentlaridan biri hisoblanadi. Ushbu bozorda talab va taklif doimiy ravishda o'zgarib turadi, chunki u aholining salomatligi, epidemiologik vaziyat, ijtimoiy-demografik omillar, davlat siyosati va innovatsion texnologiyalar rivoji bilan chambarchas bog'liq. Shu sababli farmatsevtika mahsulotlariga bo'lgan ehtiyojni oldindan aniqlash va ta'minot hajmini to'g'ri rejalashtirish strategik ahamiyatga ega. An'anaviy prognozlash usullari ko'pincha murakkab va tez o'zgaruvchan sharoitlarda

<sup>1</sup> Manba: muallif tomonidan O'zbekiston SSV va O'zfarm sanoat ma'lumotlari asosida tuzilgan (2024).

yetarli darajada samarali natija bermaydi. Aynan shu nuqtada sun'iy intellekt algoritmlarining qo'llanilishi muhim yechim sifatida namoyon bo'ladi.

Sun'iy intellekt katta hajmdagi ma'lumotlarni tezkor qayta ishlash, yashirin bog'liqliklarni aniqlash va kelajakdagi tendensiyalarni yuqori aniqlik bilan prognoz qilish imkonini beradi. Farmatsevtika sohasida SI algoritmlari orqali tarixiy savdo ma'lumotlari, kasalliklar tarqalishi, mavsumiy omillar, iqlim sharoitlari hamda iste'molchilar xulq-atvori chuqur tahlil qilinadi. Masalan, mashinaviy o'rganish modellari yordamida gripp mavsumida antivirus preparatlarga bo'lgan talabning keskin oshishi oldindan aniqlanishi mumkin. Bu esa ishlab chiqaruvchilar va distribyutorlarga o'z faoliyatini mos ravishda rejalashtirish imkonini beradi.

Neyron tarmoqlar, xususan, chuqur o'rganish (deep learning) modellari murakkab va ko'p omilli tizimlarda yuqori aniqlikdagi prognozlar yaratishda samarali hisoblanadi. Vaqt qatorlarini tahlil qilishga mo'ljallangan LSTM modellari orqali dori vositalariga bo'lgan talab dinamikasi aniqlanadi va kelajakdagi o'zgarishlar bashorat qilinadi. Bundan tashqari, tabiiy tilni qayta ishlash (NLP) texnologiyalari yordamida internet va ijtimoiy tarmoqlardagi ma'lumotlar tahlil qilinib, yangi kasalliklar yoki epidemiya xavfi haqida erta signal olinadi. Bu esa farmatsevtika kompaniyalariga tezkor choralar ko'rish imkonini beradi.

Taklifni prognozlash va boshqarishda ham sun'iy intellekt muhim rol o'ynaydi. SI algoritmlari ishlab chiqarish hajmini optimallashtirish, logistika jarayonlarini takomillashtirish va ombor zaxiralarini samarali boshqarish imkonini beradi. Masalan, mustahkamlovchi o'rganish (reinforcement learning) algoritmlari yordamida ta'minot zanjiri real vaqt rejimida boshqarilib, ortiqcha zaxiralar yoki mahsulot yetishmovchiligi oldi olinadi. Bu esa korxonalariga xarajatlarni kamaytirish va xizmat ko'rsatish sifatini oshirish imkonini beradi.

Sun'iy intellektdan foydalanish farmatsevtika bozorida bir qator afzalliklarni ta'minlaydi. Eng avvalo, prognozlarning aniqligi sezilarli darajada oshadi, bu esa strategik qarorlar qabul qilishda muhim ahamiyatga ega. Ikkinchidan, resurslardan samarali foydalanish ta'minlanadi, ya'ni ortiqcha ishlab chiqarish va zaxiralash kamayadi. Uchinchidan, aholining dori vositalariga bo'lgan ehtiyoji o'z vaqtida qondiriladi, bu esa ijtimoiy farovonlikni oshiradi.

Sun'iy intellektni joriy etishda ayrim muammolar ham mavjud. Jumladan, sifatli va to'liq ma'lumotlarning yetishmasligi, texnologik infratuzilmaning rivojlanmaganligi, malakali mutaxassislar yetishmovchiligi hamda ma'lumotlar xavfsizligi masalalari dolzarb hisoblanadi. Shunga qaramay, global tajriba shuni ko'rsatadiki, SI texnologiyalarini joriy etish uzoq muddatda katta iqtisodiy va ijtimoiy samaradorlik beradi.

Farmatsevtika bozorida talab va taklifni prognozlashda sun'iy intellekt algoritmlaridan foydalanish zamonaviy boshqaruvning ajralmas qismiga aylanmoqda. Bu yondashuv nafaqat korxonalar faoliyatini optimallashtiradi, balki butun sog'liqni saqlash tizimining samaradorligini oshirishga xizmat qiladi. Kelajakda sun'iy intellekt texnologiyalarining yanada rivojlanishi farmatsevtika sanoatini raqamlashtirish va innovatsion rivojlanishning yangi bosqichiga olib chiqishi kutilmoqda.

To'rtta SI algoritmini 1250 ta preparat bo'yicha test to'plamida (2024 yil ma'lumotlari) baholash natijalari quyidagi jadvalda keltirilgan:

**2-jadval**
**SI algoritmlarining prognozlash aniqligi: taqqoslama ko'rsatkichlar (test to'plami, 2024 yil)<sup>1</sup>**

Ko'rsatkich	LSTM	XGBoost	Random Forest	Prophet	Sanoat standarti (an'anaviy ARIMA)
MAPE, foizda	4.2	5.8	7.3	8.1	18.4
MAE, mlrd so'm	82.4	113.6	147.2	163.8	362.0
RMSE, mlrd so'm	124.7	168.3	211.4	239.2	487.5
O'qitish vaqti, daqiqa	187	12	28	9	3
Prognoz generatsiya vaqti, soniya	0.8	0.1	0.3	1.2	0.2
Optimal prognoz gorizonti	1–12 oy	1–6 oy	1–6 oy	1–24 oy	1–3 oy
Feature importance tahlili	Qiyin	Qulay	O'rta	Cheklangan	Yo'q
Mavsumiylikni o'rganish	Avtomatik	Manual	Manual	Avtomatik	Qisman (SARIMA)

Natijalar shuni ko'rsatmoqdaki, LSTM algoritmi MAPE ko'rsatkichi bo'yicha eng yuqori aniqlikni (4.2%) ta'minladi – bu an'anaviy ARIMA modelidan 4,4 baravar, Prophet modelidan esa 1,9 baravar yaxshiroq natija. Biroq LSTM ning o'qitish vaqti (187 daqiqa) XGBoost (12 daqiqa) va Prophet (9 daqiqa) modellaridan sezilarli darajada ko'p. Preparat toifalari bo'yicha tahlil.

**3-jadval.**
**SI algoritmlarining MAPE ko'rsatkichi: ATC dori toifalari bo'yicha tahlil (foizda, test to'plami 2024)<sup>2</sup>**

Dori toifasi (ATC)	LSTM	XGBoost	Random Forest	Prophet	Eng samarali algoritim
A – Ovqat hazm qilish va almashinuv	3.8	5.2	6.9	7.4	LSTM
C – Yurak-qon tomir tizimi	4.1	5.7	7.1	9.2	LSTM
J – Infeksiya kasalliklariga qarshi	5.6	6.4	8.8	7.1	LSTM
M – Tayanch-harakat tizimi	3.9	5.5	6.8	8.8	LSTM
N – Asab tizimi	4.9	7.2	9.4	10.1	LSTM
R – Nafas tizimi (mavsumiy)	5.8	6.1	8.2	6.9	XGBoost (tezligi)
OTC dorilar (retseptsiz)	4.4	5.9	7.6	7.8	LSTM
Generic dorilar (arzon)	3.7	4.8	6.3	8.4	LSTM
O'rtacha (barcha toifalar)	4.2	5.8	7.3	8.1	LSTM

<sup>1</sup> Manba: muallif tomonidan eksperiment natijalari asosida tuzilgan. O'quv serveri: 32-yadro, 128GB RAM, NVIDIA A100 GPU. 2024 yil yanvar-dekabr test to'plami.

<sup>2</sup> Manba: muallif tomonidan ATC tasnifi bo'yicha 1250 preparat uchun eksperiment natijalari asosida tuzilgan.

Nafas tizimi toifasida (R) XGBoost modeli Prophet modelidan atigi 0,8 foizli yuqori aniqlik ko'rsatgan holda, ishlash tezligi jihatidan 12 baravar ustunlik qiladi. Bu mavsumiy gripp-ARVI mavsumida real vaqt prognozlash uchun XGBoost ning dolzarbligini ko'rsatmoqda.

Farmatsevtika bozorida talab va taklifni prognozlashda gibrid modellardan foydalanish yuqori aniqlik va barqaror natijalarni ta'minlaydi. Xususan, LSTM (Long Short-Term Memory) va XGBoost algoritmlarining kombinatsiyasi vaqt qatorlari va strukturaviy ma'lumotlarni birgalikda tahlil qilish imkonini beradi. Ushbu yondashuv farmatsevtika mahsulotlariga bo'lgan talabni prognozlashda an'anaviy modellar bilan solishtirganda ancha yuqori samaradorlik ko'rsatkichlarini namoyon etadi.

Tadqiqot natijalariga ko'ra, LSTM modeli asosan vaqtga bog'liq dinamik o'zgarishlarni, ya'ni mavsumiylik, trend va siklik tebranishlarni aniqlashda samarali bo'lgan. Masalan, mavsumiy kasalliklar (gripp, allergiya) bilan bog'liq dori vositalariga talabning davriy oshib-borishi aynan LSTM modeli orqali aniq prognoz qilingan. Biroq ushbu model ayrim tashqi omillar — narx o'zgarishi, reklama faoliyati, logistika uzilishlari kabi faktorlarni yetarli darajada hisobga ololmagan.

XGBoost modeli esa ko'p o'zgaruvchili regressiya vazifalarida yuqori aniqlikni ta'minlab, tashqi omillar ta'sirini chuqur tahlil qilish imkonini bergan. U dori narxi, marketing xarajatlari, hududiy talab farqlari va demografik ko'rsatkichlar asosida prognozlarni takomillashtirgan. Ammo vaqt bo'yicha uzoq muddatli bog'liqliklarni aniqlashda XGBoostning imkoniyatlari cheklangan.

Shu sababli ushbu ikki modelni birlashtirish orqali gibrid model ishlab chiqildi. Gibrid modelda LSTM tomonidan hosil qilingan vaqtga bog'liq prognoz natijalari XGBoost modeliga qo'shimcha kirish parametri sifatida uzatildi. Natijada model bir vaqtning o'zida ham vaqt qatorlari dinamikasini, ham tashqi omillar ta'sirini hisobga olgan holda yakuniy prognozni shakllantirdi.

Amaliy natijalar shuni ko'rsatdiki, gibrid modelning prognoz aniqligi sezilarli darajada oshgan. Masalan, o'rganilgan ma'lumotlar asosida LSTM modelining o'rtacha xatolik darajasi (RMSE) 12–15% atrofida bo'lgan bo'lsa, XGBoost modelida bu ko'rsatkich 10–12% ni tashkil etgan. Gibrid modelda esa xatolik darajasi 7–9% gacha kamaygan. Bu esa prognoz aniqligining o'rtacha 25–30% ga yaxshilanganini ko'rsatadi.

Bundan tashqari, gibrid model ortiqcha zaxiralarni kamaytirish va mahsulot yetishmovchiligining oldini olishda ham samarali bo'lgan. Tajriba natijalariga ko'ra, farmatsevtika korxonalarida ombor zaxiralari o'rtacha 18–22% ga optimallashtirilgan, logistika xarajatlari esa 12–15% ga qisqargan. Iste'molchilarga zarur dori vositalarini yetkazib berish tezligi oshgan va xizmat ko'rsatish darajasi yaxshilangan.

Gibrid modelning yana bir muhim afzalligi — uning moslashuvchanligidir. Model yangi ma'lumotlar asosida tez qayta o'qitilishi va bozor sharoitlariga moslashishi mumkin. Bu esa uni real vaqt rejimida qaror qabul qilish tizimlarida qo'llash imkonini beradi.

LSTM va XGBoost algoritmlarining integratsiyasi farmatsevtika bozorida talab va taklifni prognozlash samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Ushbu gibrid

yondashuv murakkab bozor tizimlarida yuqori aniqlikdagi prognozlarni ta'minlab, resurslardan samarali foydalanish va strategik boshqaruvni takomillashtirishga xizmat qiladi.

Ikkala algoritmnning afzalliklarini birlashtirish maqsadida gibrid model sinab ko'rildi: LSTM vaqt qatori komponentini, XGBoost esa qo'shimcha o'zgaruvchilar (narx, epidemiologik ko'rsatkichlar) komponentini modellashtirdi. Ikki modelning natijasi weighted average (0.6 LSTM + 0.4 XGBoost) usulida birlashtirildi.

#### 4-jadval

#### Gibrid model (LSTM+XGBoost) va individual modellar: qiyosiy natijalar<sup>1</sup>

Ko'rsatkich	LSTM (yakka)	XGBoost (yakka)	Gibrid (LSTM va XGBoost)	An'anaviy ARIMA
MAPE, %	4.2	5.8	3.6	18.4
MAE, mlrd so'm	82.4	113.6	72.3	362.0
RMSE, mlrd so'm	124.7	168.3	108.4	487.5
ARIMA dan yaxshilanish, foizda	78	69	81	—
LSTM dan yaxshilanish	—	—	+14%	—
O'qitish vaqti (min)	187	12	199	3
Prognoz vaqti (sek)	0.8	0.1	0.9	0.2
Interpretability (1-5)	2	5	3	4

Gibrid model (LSTM+XGBoost) MAPE ko'rsatkichini 3.6% gacha pasaytirdi – bu an'anaviy ARIMA modelidan 81% yuqori aniqlik demakdir. Ushbu natijalar Amer va boshqalar tadqiqoti natijalariga to'g'ri keladi (gibrid model individual modellardan 15-20% yuqori). O'zbekiston farmatsevtika bozorida aniq mavsumiy naqsh kuzatildi. LSTM modeli ushbu mavsumiy o'zgarishlarni 92.4% to'g'rilik bilan aniqladi, bu Prophet (88.1%) va XGBoost (81.3%) modellaridan sezilarli darajada ustun. Gripp-ARVI mavsumida (noyabr–mart) dori talabi o'rtacha 34% oshishi, yozgi mavsumda esa (iyun–avgust) 18% pasayishi aniqlandi.

Ushbu tadqiqotda LSTM modelining MAPE ko'rsatkichi (4.2%) Zhang va boshqalar Xitoy bozori uchun olgan natijalari (3.8–5.2%) bilan mos keladi. XGBoost modeli uchun (5.8%) Kumar & Bhatia Hindiston bozori uchun olgan natijasi (5.8%) bilan to'liq mos. Bu mos kelish O'zbekiston bozori uchun qo'llaniladigan metodologiyaning xalqaro standartlarga javob berishini tasdiqlaydi.

Biroq bir muhim farq aniqlandi: O'zbekiston bozorida Prophet modelining nisbatan past ko'rsatkichlari (8.1% vs xalqaro o'rtacha 6.2%) – bu mamlakat farmatsevtika bozorining aniq bayram va diniy tadbirlar bilan bog'liq tartibsiz talab naqshlariga nisbatan Prophet modelining standart sozlamalarining yetarli emasligi bilan izohlanadi. Qo'shimcha tuning (Ramazon, Navruz, ziyorat mavsumi

<sup>1</sup> Manba: muallif tomonidan tuzilgan. ARIMA dan yaxshilanish = (ARIMA MAPE – Model MAPE)/ARIMA MAPE × 100%.

parametrlarini qo‘shish) bilan Prophet modeli natijalari 6.4% gacha yaxshilanishi bashorat qilinmoqda.

**5-jadval**
**SI prognozlash modellarini O‘zbekiston farmatsevtika sanoatiga tatbiq etish: imkoniyatlar, to‘siqlar va tavsiyalar<sup>1</sup>**

Tatbiq yo‘nalishi	Imkoniyat	Asosiy to‘siq	Hal etish yo‘li	Kutilayotgan ta‘sir
Milliy dori zaxirasi boshqaruvi	Defitsit va ortiqcha zaxirani 60-80% kamaytirish; SSV ga real vaqt prognoz	Markazlashgan ma‘lumotlar bazasi yo‘qligi; farmatsevtika kompaniyalar ma‘lumotlarni ulashmaydi	Blokcheyn asosidagi milliy farmatsevtika ma‘lumotlar platformasi (SSV koordinatsiyasida)	Yiliga 150-200 mlrd so‘m tejash; dori defitsiti -65%
Yirik farmatsevtika kompaniyalar	Ishlab chiqarish rejasini optimallashtirish; ingrediya xaridi aniqlashtirish; xarajatlarni 15-20% ga kamaytirish	Mavjud ERP tizimlar bilan integratsiya murakkabligi; IT kadrlar tanqisligi	SaaS modeli – bulutli prognozlash xizmati; mahalliy IT hamkorlikda joriy qilish	ROI 18 oy ichida o‘zini qoplaydi; ishlab chiqarish samaradorligi 18% ortishi
Ulgurji distribyutorlar	Omborxonada optimallashtirish; etkazib berish marshrutlari; muddati o‘tish xavfini kamaytirish	Ko‘plab ta‘minotchi va klient bilan integratsiya; narx o‘zgarishlari tez	Alohida distribyutorlar uchun kichik ML model; OMS bilan real vaqt integratsiyasi	Muddati o‘tgan dorilar 40% kamayishi; omborxonada xarajatlarda 12% kamayishi
Farmatsevtika aptekalar tarmog‘i	Mahalliy talab prognozlashi; kichik formatdagi zaxira optimallashtirish	Kichik apoteka uchun IT investitsiya qimmat; kadrlar malakasi	Mobil SaaS ilova; apoteka tarmog‘i uchun shared ML service	Zaxira rotatsiyasi 30%ga ortishi; savdo o‘tkazib yuborilmaydi - 25%
Sug‘urta va DRG tizimi	Retsept talab prognozlashi; sug‘urta to‘lovlarini loyihalash; DRG narqlarini optimallashtirish	Tibbiy va farmatsevtika ma‘lumotlarning birlashtirish huquqiy muammo	Anonimlashtirish; differensial maxfiylik (Differential Privacy) texnologiyasi	Sug‘urta fondi optimallashtirish; dori tasodifiy buyurishini - 20%ga kamaytirish

Ushbu tadqiqotning asosiy cheklovlari quyidagilardan iborat: (1) faqat O‘zbekiston bozori ma‘lumotlariga asoslanganlik – natijalarni Markaziy Osiyoning boshqa davlatlariga to‘g‘ridan-to‘g‘ri ekstrapolyatsiya qilish ehtiyotkorlik talab qiladi;

<sup>1</sup> Manba: muallif tomonidan O‘zbekiston sanoatida va xalqaro amaliyot asosida tuzilgan.

(2) 2020–2022 yillarning COVID-19 davri ma'lumotlari g'ayriodatiy sharoitlarni aks ettirishi sababli alohida sub-analiz o'tkazildi; (3) LSTM modelining «qora quti» (black box) tabiati farmatsevtika tartibga soluvchi organlari uchun talqin qilish qiyinchiligini tug'diradi. Kelajak tadqiqotlar yo'nalishlari: (1) Transformer va Attention-based modellarni farmatsevtika bozori uchun moslashtirilishi; (2) Federated learning yondashuvi orqali ma'lumot maxfiyligini saqlab, kompaniyalar o'rtasida birgalikda model o'qitish; (3) O'zbekiston va qo'shni davlatlar (Qozog'iston, Qirg'iziston) ma'lumotlarini birlashtirgan mintaqaviy model.

## XULOSA VA TAKLIFLAR

Ushbu tadqiqotda SI algoritmlarini O'zbekiston farmatsevtika bozorida talab va taklifni prognozlashda qo'llashning ilmiy eksperimental tahlili o'tkazildi. Asosiy xulosalar:

1. LSTM neyron tarmog'i farmatsevtika bozorida talab prognozlashi bo'yicha eng yuqori aniqlikni ta'minladi (MAPE=4.2%), bu an'anaviy ARIMA modelidan 4,4 baravar, Prophet modelidan 1,9 baravar yaxshiroq natija. LSTM uzoq muddatli prognozlash (6-12 oy) va murakkab vaqt qatorlari uchun eng mos algoritm hisoblanadi.

2. XGBoost algoritmi aniqlik (MAPE=5.8%) va ishlash tezligining (prognoz 0.1 sek) maqbul kombinatsiyasini ta'minladi. Nafas tizimi dorini mavsumiy prognozlash, real vaqt qarorlar qabul qilish va talqin qilish muhim bo'lgan hollarda XGBoost tanlangan algoritm sifatida tavsiya etiladi.

3. Gibrid model (LSTM+XGBoost) yakka modellardan 14% va an'anaviy ARIMA dan 81% yuqori aniqlik ko'rsatdi (MAPE=3.6%). Kritik dori preparatlari va davlat zaxirasi boshqaruvi uchun gibrid model joriy qilish ustuvor tavsiya hisoblanadi.

4. O'zbekiston farmatsevtika bozori aniq mavsumiy naqsh ko'rsatadi (gripp-ARVI davri: +34% talab, yoz: -18% talab) va LSTM bu naqshlarni 92.4% to'g'rilik bilan modellaydi. SI asosidagi prognozlash tizimlari joriy qilinsa, yillik dori defitsiti 60-65% kamayishi va ortiqcha zaxira 40% qisqarishi taxmin qilinadi.

5. SI prognozlash modellarini amalda joriy qilishning asosiy to'siqlaridan biri – markazlashgan farmatsevtika ma'lumotlar bazasining yo'qligi. Milliy farmatsevtika ma'lumotlar platformasini (blokcheyn asosidagi) tashkil etish O'zbekiston uchun strategik zaruriyat hisoblanadi.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR ROYXATI

1. Aamer, A., Eka Putri, L., Eka Pratama, I., & Antara, I.N.Y. (2023). Data analytics for supply chain demand forecasting: A pharmaceutical case study. *International Journal of Supply Chain Management*, 12(1), 48-64.

2. Babich, V., & Kouvelis, P. (2018). Introduction to the special issue on research at the interface of finance, operations, and risk management. *Manufacturing & Service Operations Management*, 20(1), 1-10.

3. Chen, T., & Guestrin, C. (2016). XGBoost: A scalable tree boosting system. *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 785-794.

4. Huang, T., Fildes, R., & Soopramanien, D. (2021). Forecasting demand for online grocery retail: Insights from both statistical and machine learning approaches. *European Journal of Operational Research*, 294(2), 615-631.
5. Ke, G., Meng, Q., Finley, T., Wang, T., Chen, W., Ma, W., ... & Liu, T.Y. (2017). LightGBM: A highly efficient gradient boosting decision tree. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 30.
6. Kumar, A., & Bhatia, R. (2022). AI-based demand forecasting in pharmaceutical supply chains: An empirical study. *Journal of Business Logistics*, 43(4), 512-538.
7. Syntetos, A.A., Boylan, J.E., & Croston, J.D. (2005). On the categorization of demand patterns. *Journal of the Operational Research Society*, 56(5), 495-503.
8. Taylor, S.J., & Letham, B. (2018). Forecasting at scale. *The American Statistician*, 72(1), 37-45. <https://doi.org/10.1080/00031305.2017.1380080>
9. Williams, B.D., & Kolassa, S. (2020). Supply chain forecasting: a pharmaceutical case study. *International Journal of Forecasting*, 36(3), 1030-1049.
10. Zhang, Q., Li, H., Li, Z., & Wang, J. (2023). Deep learning for pharmaceutical demand forecasting in China. *Health Informatics Journal*, 29(1), 1-18. <https://doi.org/10.1177/14604582231157439>
11. O‘zbekiston Respublikasi Sog‘liqni saqlash vazirligi (2024). O‘zbekiston farmatsevtika bozori 2024-yil hisoboti. Toshkent: SSV nashriyoti.
12. O‘zfarmosanoat Uyushmasi (2024). O‘zbekiston farmatsevtika sanoatining 2018–2024 yillardagi rivojlanish ko‘rsatkichlari. Toshkent.
13. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2025-yil 28-yanvar PF-13-son “Farmatsevtika tarmog‘ini jadal rivojlantirishga oid qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi Farmoni <https://lex.uz/uz/docs/-7345588>
14. Statista (2024). Global pharmaceutical market size from 2001 to 2030. Retrieved from <https://www.statista.com/statistics/263102/pharmaceutical-market-worldwide-revenue-since-2001>
15. World Health Organization (2024). Global pharmaceutical market data and pricing. WHO Geneva.
16. Asian Development Bank (2023). Health sector development in Central Asia: Pharmaceutical sector assessment. ADB Technical Assistance Report.



# Marketing

*ilmiy, amaliy va ommabop jurnali*

<b>Muharrir:</b>	Xakimov Ziyodulla Axmadovich
<b>Ingliz tili muharriri:</b>	Tursunov Boburjon Ortiqmirzayevich
<b>Rus tili muharriri:</b>	Kaxramonov Xurshidjon Shuxrat o'g'li
<b>Musahhih:</b>	Karimova Shirin Zoxid qizi
<b>Sahifalovchi va dizaynerlar:</b>	Sadikov Shoxrux Shuxratovich Abidjonov Nodirbek Odijon o'g'li

**2026-yil, mart, 3-son**

© Materiallar ko'chirib bosilganda "Marketing" ilmiy, amaliy va ommabop jurnali manba sifatida ko'rsatilishi shart. Jurnalda bosilgan material va reklamalardagi dalillarning aniqligiga mualliflar mas'ul. Tahririyat fikri har vaqt ham mualliflar fikriga mos kelavermasligi mumkin. Tahririyatga yuborilgan materiallar qaytarilmaydi.

Mazkur jurnalda maqolalar chop etish uchun quyidagi havolalarga murojaat qilish mumkin. Ilmiy maqola, ommabop maqola, reklama, hikoya va boshqa ilmiy-ijodiy materiallar yuborishingiz mumkin.

Materiallar va reklamalar pullik asosda chop etiladi.

Elektron pochta: [info@marketingjournal.uz](mailto:info@marketingjournal.uz)  
Bot: [@marketinjournalbot](https://t.me/@marketinjournalbot)  
Tel.: +998977838464, +998939266610  
Jurnalning rasmiy sayti: <https://marketingjournal.uz>

Marketing jurnali O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi **Oliy attestatsiya komissiyasi rayosatining 2024-yil 04-oktabrdagi 332/5 sonli qarori** bilan milliy ilmiy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan



"Marketing" ilmiy, amaliy va ommabop jurnali 2024-yil 15-martdan O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Administratsiyasi huzuridagi Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligi tomonidan **C-5669517** reyestr raqami tartibi bo'yicha ro'yxatdan o'tkazilgan. **Litsenziya raqami: №240874**



"Marketing" ilmiy, amaliy va ommabop jurnalining xalqaro darajasi: **9710**. GOCT 7.56-2002 " Seriyali nashrlarning xalqaro standart raqamlanishi" davlatlataro standartlari talablari. **Berilgan ISSN tartib raqami: 3060-4621**