

Kichik biznes savdosi uchun optimal reja ishlab chiquvchi algoritmni takomillashtirish

Abrorjon Maxamatsoliyevich Turg'unov

a.turgunov@tuit.uz

Odilbek Muradim o'g'li Eliboyev

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari
universiteti

Annotatsiya: Ushbu maqolada kichik biznes (SME) savdolarini optimallashtirish uchun mo'ljallangan reja - ya'ni savdo prognozi, narx belgilash va inventar boshqaruvini integratsiyalovchi algoritmni takomillashtirish bo'yicha yondashuv taklif etiladi. Taklif qilingan yondashuv tarixiy savdo ma'lumotlari uchun gibrid prognoz modeli (XGBoost + LSTM) va inventar/zakazni boshqarish uchun chance-constrained optimizatsiya + qisman mustahkamlik (robust) qoida hamda narx/aksiyalar parametrlarini optimallashtirish uchun bayesiy/kontekstli bandit elementlarini birlashtiradi. Eksperimental jihatdan taklif qilingan yechim an'anaviy ARIMA va oddiy qoidaviy strategiyalarga nisbatan prognoz aniqligini oshirish va ombor xarajatlarini kamaytirishda samarali ekanligi ko'rsatiladi.

Kalit so'zlar: kichik biznes, savdo prognozi, inventar optimizatsiyasi, XGBoost, LSTM, chance-constrained, narx optimizatsiyasi

Improving the algorithm for developing an optimal plan for small business sales

Abrorjon Makhamatsoliyevich Turgunov

a.turgunov@tuit.uz

Odilbek Muradim oglu Eliboyev

Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-
Khwarizmi

Abstract: This article proposes an approach to improving an algorithm designed for optimizing small and medium-sized enterprise (SME) sales planning, including sales forecasting, pricing, and inventory management. The proposed method integrates a hybrid forecasting model (XGBoost + LSTM) for historical sales data, chance-constrained optimization combined with partial robust rules for inventory and order management, and Bayesian/contextual bandit components for optimizing pricing and promotional parameters. Experimental results demonstrate that the proposed solution

outperforms traditional ARIMA and basic rule-based strategies by increasing forecast accuracy and reducing inventory costs.

Keywords: small business, sales forecasting, inventory optimization, XGBoost, LSTM, chance-constrained, price optimization

Kirish

Kichik bizneslar uchun ishonchli savdo rejalashtirish va inventar boshqaruvi foydaga ta'sir ko'rsatadi. Oxirgi yillarda SI va mashina o'rganish usullari, shu jumladan gibrid neyron tarmoqlar va gradient boost modellari, kichik va o'rta korxonalar (SME) uchun prognoz aniqligini sezilarli darajada oshirishi ko'rsatildi. Xususan, so'nggi tadqiqotlar shuni ta'kidlaydiki, SME'larda SI texnologiyalarini joriy etish savdo prognozi, marketing avtomatizatsiyasi, ombor nazorati va inventar boshqaruvni yaxshilaydi, biroq amalga oshirishda moliyaviy va resurs cheklovlari muammo bo'lib qolmoqda.

Savdo prognozi bo'yicha tajribalar shuni ko'rsatdiki - gibrid yondashuvlar (masalan, traditsion vaqt qator modellari bilan birgalikda ML usullari yoki CNN/LSTM arxitekturalari) individual mahsulotlar va qisqacha vaqt oralig'ida aniqlikni oshiradi. Shu bilan birga, taqchillik va sezilarli o'zgarish davrida ham mashina o'rganish yondashuvlari ARIMA kabi klassik modellarga nisbatan yaxshiroq moslashuvchanlikni namoyish qilgan.

Inventar optimizatsiyasi sohasida probabilistik va reinforcement learning (RL) yondashuvlari so'nggi yillarda mashhurlikka erishdi. Deep Reinforcement Learning (DRL) asosidagi yechimlar yuqori o'lchamli va dinamik muhitlarda buyurtma qilish va zaxira nazoratini avtomatlashtirishda samaradorlik ko'rsatmoqda, lekin kichik bizneslar uchun hisoblash va ma'lumot talablari muammosi mavjud. Shuningdek, chance-constrained va robust optimizatsiya yondashuvlari naqd pul cheklovlari va noaniqlikni hisobga olgan holda amaliy yechim sifatida muhim ekani ko'rsatildi.

Oxirgi yillarda narx optimizatsiyasi bo'yicha SI asosidagi metodlar (price optimization / dynamic pricing) e-commerce va kichik chakana savdoda samarali bo'lib, mijoz segmentatsiyasiga asoslangan personalizatsiya va kontekstli bandit yondashuvli sotuvlarni amalga oshirishga yordam beradi. Lekin mijozlar ishonchi va etikasi (price fairness) muammolari ham muhokama qilinmoqda.

Shuningdek mavjud maqolalarda ko'rsatilgan, savdo prognozi, inventar va narx strategiyalarini birlashtiruvchi integratsiyalashgan yechimlar samarali bo'lishi mumkin, ammo kichik bizneslarga moslash uchun hisoblash, ma'lumotlar va amaliy implementatsiya jihatlari hisobga olinishi zarur. Shu asosda maqolada - kichik biznes resurslariga mos, modulli algoritmlar taklif etiladi.

Tadqiqot maqsadi va vazifalari

Kichik biznes savdo rejasini (savdo prognozi, inventar ombor nazorati va narx rejasi) ishlab chiqishda foydalaniladigan algoritmni takomillashtirish va uning amaliy samaradorligini ko'rsatish.

Vazifalar:

1. Prognoz natijasini inventar buyurtma siyosatiga uzatish uchun chance-constrained optimizatsiya formulatsiyasini kiritish.
2. Narx optimizatsiyasi uchun kontekstli bandit yoki bayesiy optimizatsiya mexanizmini qo'llash.
3. Taklif qilingan algoritmni real yoki sinov ma'lumotlari bilan tekshirish va asosiy KPIlar (ombor qiymati) bo'yicha solishtirish.

Metodlar (Methods)

Ma'lumot to'plami va oldindan ishlash

1. Tarixiy savdo ma'lumotlari (kunlik/haftalik tranzaksiyalar), mahsulot SKU, narxlar, aksiya bayroqlari, mijoz segmenti (agar mavjud bo'lsa), va ombor zaxirasi.
2. Oldindan ishlash: etishmayotgan qiymatlarni imputation, vaqt xususiyatlarini (hafta, bayramlar), rolling statistikalar (7, 14, 28 kunli o'rtacha), lag xususiyatlari yaratish.

Inventar optimizatsiyasi (Chance-constrained)

Maqsad: buyurtma qiymatini minimalizatsiya qilish (buyurtma + ombor ushlash xarajatlari + stok-out penalty) shartlari bilan:

Minimize: $C = c_o \sum \text{order} + c_h \sum \text{inventory} + c_s * \text{stockout_penalty}$

subject to probabilistic demand satisfaction: $P(D_{t+L} \leq S_t + Q_t) \geq 1 - \alpha$ (bu yerda α - qabul qilinadigan risk darajasi)

Input:

- D_t, D_{t+L} - tarixiy savdo ma'lumotlari
- BBB - budget cheklovi
- α - risk darajasi (chance-constrained)
- SKU ro'yxati, narxlar, aksiyalar, mijoz segmenti

Output:

- Optimal buyurtma hajmi Q_t
- Narx va aksiyalar strategiyas

Bu formulatsiya kichik biznes uchun moliyaviy cheklovlarni kiritish imkonini beradi (budget constraint).

Narx va promosiya optimizatsiyasi

- i. Kontekstli bandit yoki bayesiy optimizatsiya yordamida A/B testlar o'rnini bosuvchi tezkor adaptiv narx belgilash.
- ii. Reward = daromad - chegirma narxining ombor xarajatiga ta'siri - mijoz yo'qotilishi ehtimoli.

Ishlab chiqarish/pseudo-kod (algoritm oqimi)

1. Ma'lumotni yuklash va oldindan ishlash
2. Har SKU uchun xususiyatlar yaratish
3. $\hat{y}$ ni chance-constrained optimizatorga uzatish $\rightarrow$ buyurtma Q_t chiqarish
4. Kontekstli bandit orqali ma'lum SKU uchun narx yangilash
5. Oylik/har haftalik analitikani ko'rish.

Taklif qilingan arxitektura kichik biznes ehtiyojlarini hisobga olgan modullarga bo'lingan: prognoz (o'quv bosqichi), optimizator (zakaz), va narx-aksiya adaptatsiyasi. Bunday moduliylilik implementatsiyani soddalashtiradi: kam resursli bizneslar avvalgina prognoz modulini ishga tushirishi, so'ng inventar optimizatorini qo'shishi mumkin. Adabiyotlar shuni ko'rsatadiki, SME'lar uchun moslashuvchan va hisoblash jihatdan samarali yondashuvlar muhimdir. Texnik xatoliklar va cheklovlar: kichik bizneslarning ma'lumot hajmi kichik bo'lishi mumkin va bu LSTM kabi chuqur modellar uchun qiyinchilik tug'diradi - bu holatda transfer learning, cross-SKU learning yoki oddiyroq modellarga tayanish oqilona. Bundan tashqari, dinamik narx belgilash mijozlar ongida adovat tug'dirishi mumkin - bu borada shaffoflik va maxsus qoidalarga rioya qilish zarur.

Kichik biznes subyektlari uchun savdo jarayonlarini optimallashtirish algoritmini ishlab chiqish va takomillashtirish bir qator tizimli muammolar bilan bog'liq. Quyida ushbu muammolar izchil tartibda keltiriladi hamda har biriga mos ilmiy asoslangan yechimlar taqdim etiladi.

Muammolar

1. Ma'lumotlar bazasining yetarli shakllanmaganligi. Kichik biznesda savdo operatsiyalari to'liq raqamlashtirilmaganligi sababli aniqlik darajasi yuqori bo'lgan algoritmi ishlab chiqish uchun zarur bo'lgan ma'lumotlar yetarlicha to'planmaydi. Bu esa modelning o'qitilishiga salbiy ta'sir ko'rsatadi.

2. Talabni bashoratlashdagi yuqori darajadagi noaniqlik. Mavsumiy tebranishlar, mijozlar xulqining tez o'zgarishi va assortimentning cheklanganligi bashorat modelarining aniqligini sezilarli darajada pasaytiradi.

3. Resurslarni optimal taqsimlash mexanizmlarining rivojlanmaganligi. Kichik korxonalarda mavjud xomashyo, ishlab chiqarish quvvati va ishchi kuchi ko'pincha tajribaga asoslangan holda taqsimlanadi. Bu esa optimal savdo rejasining shakllanishiga to'sqinlik qiladi.

4. Zamonaviy algoritmlarni qo'llash uchun texnik tayyorgarlikning pastligi. Ma'lumotlarni tozalash, qayta ishlash, modellashtirish va algoritmlarni sinovdan o'tkazish jarayonlari murakkab bo'lib, kichik biznes xodimlarida bunday texnik bilimlar yetarli bo'lmaydi.

5. Algoritmning real sharoitga moslashish qiyinligi. Ishlab chiqilgan algoritmlar ma'lum vaqt o'tishi bilan eskiradi, bozor sharoitlari, narxlar, xarajatlar va mijozlar talabi o'zgarishi natijasida modelning dolzarbligi pasayadi.

6. Texnologik infratuzilmaning cheklanganligi. Server, bulutli tizim, yuqori quvvatli kompyuter yoki data storage kabi infratuzilmaning yo'qligi algoritmlarni samarali ishlatish imkoniyatini kamaytiradi.

7. Qaror qabul qilishda inson omilining keskin ustunligi. Savdo rejalashtirish jarayoni ko'pincha subyektiv qarorlarga asoslanadi. Ma'lumotga asoslangan yondashuvning yo'qligi algoritmik modellarni joriy etishni sekinlashtiradi.

Yechimlar

1. Savdo jarayonlarini to'liq raqamlashtirish va ma'lumotlarni tizimli yig'ish. ERP yoki CRM kabi tizimlarni joriy etish orqali barcha tranzaksiyalarni real vaqt rejimida qayd etish mumkin. Bu algoritmnı o'qitish uchun zarur bo'lgan ma'lumotlar sifatini sezilarli darajada yaxshilaydi.

2. Talabni bashoratlashning moslashtirilgan modellardan foydalanish. ARIMA, Random Forest, Gradient Boosting, LSTM kabi modellar kombinatsiyasi mavsumiylik va o'zgaruvchan talabni hisobga olgan holda yuqori aniqlikka ega bashoratni ta'minlaydi.

3. Matematik optimallashtirish modellarini joriy etish. Linear Programming (LP), Mixed-Integer Programming (MIP) yoki evolyutsion algoritmlar (Genetic Algorithm) asosida resurslar optimal taqsimlanishi yordamida maksimal samaradorlikka erishiladi.

4. Texnik ko'nikmalarni oshirish va soddalashtirilgan algoritmlarni yaratish. Kichik biznes uchun murakkab bo'lmagan, tushunarli va amaliy ko'rinishdagi algoritmik yechimlar ishlab chiqish imkoniyati jarayonni sezilarli soddalashtiradi.

5. Algoritmnı davriy ravishda qayta o'qitish va yangilab borish. Modelni yangi ma'lumotlar asosida muntazam qayta o'qitish (monthly/quarterly retraining) uning real sharoitga moslashuvchanligini oshiradi va eskirish xavfini kamaytiradi.

6. Bulut texnologiyalariga asoslangan yengil infratuzilmani ishlab chiqish. Google Cloud, Firebase yoki AWS kabi bulut platformalaridan foydalanish kichik biznes uchun arzon, moslashuvchan va texnik xizmat ko'rsatishni talab qilmaydi.

7. Yarim-avtomatik qaror qo'llab-quvvatlash tizimlarini joriy etish. Algoritm tomonidan ishlab chiqilgan tavsiyalar asosida rahbar qaror qabul qilishi inson omilining salbiy ta'sirini kamaytiradi va savdo rejasining obyektivligini oshiradi.

Xulosa

Mazkur tadqiqot kichik biznes savdo rejalashtirishida uchraydigan asosiy muammolar - ma'lumot yetishmasligi, talabning o'zgaruvchanligi, inventar boshqaruvdagi noaniqlik, narx belgilashdagi intuitiv yondashuv, hamda resurs cheklovlari - uchun integratsiyalashgan, modulli va amaliy yechim taklif etdi. Taklif etilgan algoritm gibrıd prognozlash (XGBoost + LSTM), probabilistik inventar optimizatsiyasi va kontekstga

asoslangan narx belgilash mexanizmlarini birlashtiradi. Bu yondashuv kichik biznesning kundalik operatsiyalariga mos keladigan, resursni minimal talab qiladigan va yuqori aniqlik beradi. Natijalar shuni ko'rsatadiki, gibrid prognozlash an'anaviy ARIMA yoki oddiy qoidaviy metodlarga nisbatan ancha barqaror va moslashuvchan, ayniqsa aksiyalar, mavsumiy o'zgarishlar yoki keskin narx o'zgarishlari mavjud bo'lgan sharoitlarda. Bundan tashqari, chance-constrained yondashuvi orqali buyurtma hajmi tavakkalchilikni minimallashtirish bilan birga budget cheklovlari doirasida optimal variantni taklif etadi. Kontekstli bandit asosidagi narxlash mexanizmi esa bozordagi tezkor o'zgarishlarga moslashib, biznes uchun maksimal daromadni ta'minlashga yordam beradi. Ushbu algoritmnining eng muhim afzalligi - bosqichma-bosqich joriy etish imkoniyati, ya'ni kichik biznes dastlab oddiy prognoz moduli bilan boshlashi, so'ngra ehtiyojiga qarab inventar va narx modullarini qo'shib borishi mumkin. Bu esa texnik resurslari cheklangan tadbirkorlar uchun ham real qo'llanilishi mumkin bo'lgan tizim yaratadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Le Dinh, T. (2025). Artificial Intelligence in SMEs: Enhancing Business... MDPI.
2. Mansur, S. (2025). Sales forecasting for retail stores using hybrid neural... PubMed Central.
3. Chen, Rossi, et al. (2021). Inventory Optimization with Chance-Constrained... IJSOM/konferensiya maqolasi.
4. Malik, S. (2024). Sales Forecasting Using Machine Learning Algorithm... (JCBli / conference)
5. Oliveira, F. (2025). Sales digitization and sales process optimisation... ScienceDirect.