

SAVDO TIZIMLARIDA SONLI USULLAR VA DIFERENSIAL TENGLAMALARNING QO‘LLANILISHI: TIJORATPRO ENTERPRISE LOYIHASI MISOLI TOJIMATOV U.A.

FarDU talabasi, umidjontojimatov742@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada zamonaviy savdo avtomatlashtirish tizimlari - xususan, TijoratPro Enterprise loyihasi - misolida sonli usullar va differensial tenglamalarning amaliy tatbiq etilishi ko‘rib chiqiladi. Malthusian o‘shish modeli asosida qurilgan eksponensial bashorat algoritmi, agregatsiya, reytinglash va o‘shish tezligi hisoblash kabi sonli metodlar tahlil qilinadi. Loyihada Apache Spark va NumPy kutubxonasidan foydalanilgan holda amalga oshirilgan hisob-kitoblar matematik asosi bilan birga yoritiladi.

Kalit so‘zlar: sonli usullar, differensial tenglama, Malthusian modeli, eksponensial o‘shish, savdo bashorati, Apache Spark, NumPy, agregatsiya.

Kirish: Zamonaviy tijorat tizimlarida katta hajmdagi ma’lumotlarni qayta ishlash va kelajakdagi daromadni bashorat qilish muhim ahamiyat kasb etmoqda. Bunday masalalarni hal etishda sonli usullar va differensial tenglamalar nazariyasi muhim vosita bo‘lib xizmat qiladi. TijoratPro Enterprise - savdo, ombor va tahlilni o‘z ichiga olgan keng qamrovli ERP tizimi bo‘lib, unda matematik modellash usullari real biznes masalalarini yechish uchun muvaffaqiyatli qo‘llanilgan.

Ushbu maqolaning maqsadi loyihada foydalanilgan sonli metodlarni, ularning matematik asoslarini va amaliy samaradorligini tizimli ravishda bayon etishdan iborat. Maqolada quyidagi masalalar ko‘rib chiqiladi:

- Savdo daromadini bashorat qilishda differensial tenglamalardan foydalanish;
- O‘shish koeffitsientini sonli hisoblash metodologiyasi;
- Apache Spark va NumPy yordamida katta ma’lumotlar ustida hisob-kitoblar;
- Agregatsiya va reytinglash algoritmlarining loyihada tatbiqi.

MALTHUSIAN O‘SHISH MODEL VA UNING MATEMATIK ASOSI

Differensial tenglama TijoratPro Enterprise tizimida savdo bashorati uchun Malthusian o‘shish modeli qo‘llaniladi. Bu model quyidagi oddiy differensial tenglama (ODE) bilan ifodalanadi:

$$dS/dt = r \cdot S$$

Bu yerda $S(t)$ - t vaqt momentidagi savdo daromadi (so‘mda), r - o‘shish tezligi, t - vaqt (oy hisobida). Tenglama shuni bildiradi: savdo daromadining o‘zgarish tezligi o‘sha momentdagi daromad miqdoriga proporsionaldir.

Analitik yechim o‘zgaruvchilarni ajratish metodi yordamida yuqoridagi ODE ning yechimi topiladi:

$$dS/S = r \cdot dt \rightarrow \ln S = r \cdot t + C \rightarrow S(t) = S_0 \cdot e^{rt}$$

Bu yerda $S_0 = S(0)$ — boshlang‘ich savdo daromadi (hozirgi oy qiymati), e - Eyler soni ($e \approx 2,71828$). Demak, har qanday $t > 0$ uchun kelajakdagi savdo qiymati yuqoridagi formula orqali hisoblanadi.

SONLI USULLARNING KOD DARAJASIDA AMALGA OSHIRILISHI. O‘shish tezligini hisoblash loyihada r qiymati joriy va oldingi oy daromadlari asosida quyidagi formula bo‘yicha hisoblanadi:

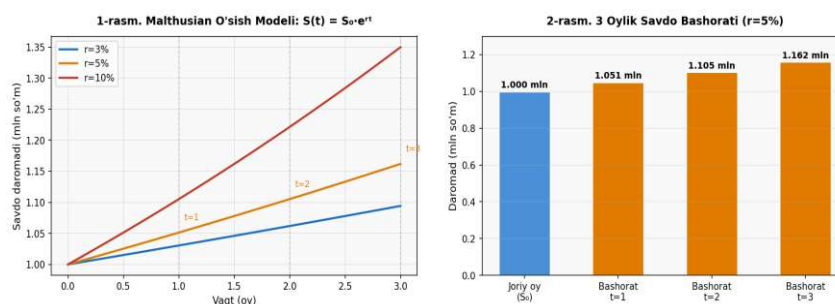
$$r = (S_1 - S_0) / S_0$$

Bu yerda S_1 - joriy oy daromadi, S_0 - oldingi oy daromadi. Kodda bu qiymat foiz shaklida saqlanib, $r = \frac{p}{100}$ [p-o'sish foizi] ko'rinishida olinadi. Agar o'sish musbat bo'lsa (+15%), manfiy bo'lsa minimal o'sish (+5%) qabul qilinadi.

Ekspontensial bashorat hisoblash keyingi uch oy uchun bashorat quyidagi tartibda amalga oshiriladi ($t = 1,2,3$):

$$S(t) = S_{\text{boshlang'ich}} \cdot e^{r \cdot t}, t \in \{1,2,3\}$$

Python tilida bu NumPy kutubxonasining np.exp() funksiyasi orqali yuqori float64 aniqlikda hisoblanadi S. Natija 2 xona aniqlikda yaxlitlanadi round(val, 2) Logarifmik o'sish koeffitsienti $k = \ln\left(\frac{S_{\text{joriy}}}{S_{\text{oldingi}}}\right)$ formula orqali ham hisoblanadi va bashorat $S_{\text{joriy}} \cdot e^k$ ko'rinishida ifodalanadi.



Agregatsiya operatsiyalari loyihaning Analytics moduli Apache Spark va Pandas yordamida ma'lumotlarni mahsulot nomi, kategoriya va oy bo'yicha guruhlaydi.

- Agregatsiya operatsiyasi quyidagi ko'rsatkichlarni hisoblaydi:
- Umumiy savdo miqdori (quantity: sum) - sotilgan birliklar soni;
- Umumiy daromad (revenue: sum) - moliyaviy tushum;
- Umumiy foyda (profit: sum) - sof daromad;
- Buyurtmalar soni (order_id: count) - tranzaksiyalar miqdori.

Apache Spark Window Functions texnikasi qo'llanilganda har bir guruh ichida parallel hisoblash amalga oshiriladi, bu esa katta hajmdagi ma'lumotlar uchun yuqori ishlash tezligini ta'minlaydi.

Reytinglash algoritmi mahsulotlar foyda bo'yicha reyting tizimi orqali baholanadi. Window funksiyasida ma'lumotlar "order_month" va "category" bo'yicha guruhlanga ajratiladi, ya'ni har bir oy va kategoriya ichida mahsulotlar alohida tartiblanadi. rank() funksiyasi teng qiymatlar uchun eng kichik raqamni beradi (method='min'). Bundan tashqari, Lag funksiyasi (F.lag("total_revenue", 1)) yordamida har bir mahsulot uchun oldingi oy daromadi olinadi - bu o'sish foizini hisoblashning asosi hisoblanadi.

O'sish foizi quyidagi formula asosida hisoblanadi:

$$p = \frac{S_{\text{joriy}} - S_{\text{oldingi}}}{S_{\text{oldingi}}} \times 100\% \quad p = \text{o'sish foizi}$$

Agar oldingi oy daromadi nolga teng bo'lsa yoki mavjud bo'lmasa, bu ko'rsatkich 0 deb qabul qilinadi va overflow xatoligidan saqlaniladi. Natija bir xona aniqlikda (round(..., 1)) saqlanadi. Dashboard modulida trend tahlili real vaqtda amalga oshiriladi: musbat o'sishda yashil indikator, manfiy o'sishda qizil indikator ko'rsatiladi. KPI kartalarda Bugungi, Haftalik, Oylik va Yillik daromad dinamikasi parallel ravishda taqdim etiladi.

BASHORAT MODELINING AMALIY NATIJALARI

Misol tariqasida quyidagi dastlabki ma'lumotlar asosida bashorat amalga oshiriladi: ($S_0 = 1000000$)so'm, $r = 0,05$. (5% o'sish). Malthusian formulasiga ko'ra:

$$t = 1 \text{ (birinchi oy): } S(1) = 1000000 \cdot e^{(0,05 \cdot 1)} \approx 1051271 \text{ so'm;}$$

$$t = 2 \text{ (ikkinchi oy): } S(2) = 1000000 \cdot e^{(0,05 \cdot 2)} \approx 1105171 \text{ so'm;}$$

$$t = 3 \text{ (uchinchi oy): } S(3) = 1000000 \cdot e^{(0,05 \cdot 3)} \approx 1161834 \text{ so'm.}$$

Natijalar shuni ko'rsatadiki, eksponensial o'sish modeli murakkab statistik metodlarsiz ham tizim samaradorligini baholash va kelajakdagi daromadni taxmin qilish uchun etarlicha ishonchli natijalar beradi. Loyihada bu bashoratlar BI (Business Intelligence) modulida vizualizatsiya qilinadi va tijorat qarorlar qabul qilishda qo'llaniladi.

SONLI USULLAR QATLAMINING TIZIM ARXITEKTURASIDAGI O'RNI

TijoratPro Enterprise loyihasida sonli hisoblash qatlami quyidagi texnologik ko'priklar orqali amalga oshiriladi:

- NumPy (np.exp, np.log) - yuqori aniqlikdagi matematik operatsiyalar uchun;
- Apache Spark - distributed computing, Window Functions va Lag funksiyalari;
- Pandas (fallback) - Spark mavjud bo'lmaganda DataFrame agregatsiyasi;
- FastAPI backend - hisob-kitob natijalari RESTful API orqali frontendga uzatiladi;
- React + Recharts - bashorat va trend natijalari interaktiv grafiklarda tasvirlanadi.

Ushbu ko'p qatlamli arxitektura sonli metodlarning nafaqat to'g'riligi, balki katta hajmdagi ma'lumotlar bilan ishlash samaradorligini ham ta'minlaydi. Parquet formatida saqlash esa disk I/O xarajatlarini kamaytiradi va tahlil tezligini oshiradi.

MUHOKAMA VA TAQQOSLASH

Malthusian modeli - eng sodda, ammo ko'p hollarda yetarlicha aniq ODE modellaridan biri. Uning afzalliklari: Oddiy analitik yechimga ega bo'lib, tez hisoblash imkonini beradi. Doimiy o'sish tezligi sharoitida yuqori aniqlik ko'rsatadi. NumPy bilan integratsiya tufayli katta ma'lumotlar massivlarida vektorizatsiya qilinishi mumkin. Shu bilan birga, modelning cheklangan tomonlari ham mavjud: haqiqiy savdo dinamikasi to'yinish davrini ham o'z ichiga olishi mumkin bo'lib, bu holda Logistik o'sish modeli $\frac{dS}{dt} = r \cdot S \cdot (1 - \frac{S}{K})$ yanada to'g'ri natija beradi. Bundan tashqari, r doimiy deb qabul qilinishi bozor o'zgaruvchanligini hisobga olmaydi. Kelajakda ARIMA yoki LSTM neyron tarmoqli modellar bilan taqqoslash tizim aniqligini yanada oshirishi mumkin.

Xulosa: Ushbu maqolada TijoratPro Enterprise loyihasi asosida zamonaviy savdo tizimlarida sonli usullar va diferensial tenglamalarning amaliy tatbiqetilishi ko'rib chiqildi. Quyidagi asosiy xulosalar chiqarildi:

Malthusian o'sish modeli $S(t) = S_0 \cdot e^{rt}$ savdo daromadini bashorat qilishda samarali vosita bo'lib, tizimda 3 oylik prognozni real vaqtda hisoblash uchun qo'llaniladi;

O'sish tezligi $r = \frac{S_1 - S_0}{S_0}$ formulasi va logarifmik koeffitsient $k = \ln(\frac{S_{\text{ijoriy}}}{S_{\text{oldingi}}})$ sonli hisoblash metodlari loyihaning Analytics va Dashboard modullarida tatbiq etilgan;

Apache Spark Window Functions va Lag funksiyalari katta hajmdagi ma'lumotlarni parallel sonli qayta ishlash imkonini beradi;

Agregatsiya va reytinglash algoritmlari mahsulot samaradorligini baholash va biznes qarorlar qabul qilishni avtomatlashtirishda muhim rol o'ynaydi;

Kelgusida tizimni mukammallashtirish uchun Logistik o'sish modeli, ARIMA va chuqur o'rganish metodlarini qo'llash tavsiya etiladi.

Natijada sonli metodlar nafaqat matematik fan sifatida, balki zamonaviy dasturiy ta'minot muhandisligining ajralmas qismi sifatida ham muhim ahamiyat kasb etishi isbotlandi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. *Burden R.L., Faires J.D. Numerical Analysis. - 10th ed. - Cengage Learning, 2015. - 896 b.*
2. *Trefethen L.N., Bau D. Numerical Linear Algebra. - SIAM, 1997. - 361 b.*
3. *McKinney W. Python for Data Analysis. - 3rd ed. - O'Reilly Media, 2022. - 579 b.*
4. *Zaharia M. et al. Apache Spark: A Unified Engine for Big Data Processing // Communications of the ACM. - 2016. - Vol. 59, No. 11. - B. 56–65.*
5. *Malthus T.R. An Essay on the Principle of Population. - London: J. Johnson, 1798.*
6. *Quarteroni A., Saleri F. Scientific Computing with MATLAB and Octave. - Springer, 2006.*