

Владислав Василів, Олексій Сінкевич*

¹ НЛТУ України, Львів, Україна, ORCID: 0009-0003-0106-353X,
vvbogdanovih@gmail.com

² НЛТУ України, Львів, Україна. ORCID: 0000-0001-6651-5494,
oleksiy1694@gmail.com

Адаптивна рекомендаційна система для продажу товарів на онлайн платформах

***Анотація.** Здійснено аналіз загальних характеристик та проблематики систем управління товарними запасами в секторі електронної комерції. Визначено, що ключовою перешкодою для малих та мікропідприємств є висока вартість, фінансове навантаження та складність впровадження існуючих комплексних ERP- та CRM-рішень. Для покращення таких рішень та надання доступного інструменту розроблено адаптивний рекомендаційний алгоритм для прогнозування обсягів дозамовлення товарів. Побудована система базується на автоматичному виборі найбільш релевантної математичної моделі (Prophet, SARIMA або LSTM) залежно від обсягу доступних історичних даних для кожної окремої товарної позиції.*

***Ключові слова** – адаптивна рекомендаційна система, прогнозування продажів, управління запасами, електронна комерція, аналіз часових рядів, Prophet, SARIMA, LSTM.*

Вступ. У сучасній електронній комерції прогнозування попиту та автоматизація управління запасами стали важливими інструментами для ефективної роботи бізнесу. Проте малі та мікропідприємства часто стикаються з труднощами під час впровадження таких рішень. Основні проблеми пов'язані з високою вартістю готових систем, їхньою складністю та браком доступних аналітичних інструментів, особливо коли ресурси обмежені. Через це виникає потреба у більш простих і доступних методах, які б покращили процеси управління запасами за допомогою адаптивних математичних моделей.

Використання таких моделей суттєво підвищує ефективність систем управління запасами. Вони допомагають зменшити проблеми, пов'язані з дефіцитом або надлишком товарів, покращують точність прогнозування та роблять

систему більш стійкою до змін на ринку. Крім того, здатність цих моделей аналізувати та обробляти часові ряди різної довжини створює підґрунтя для розробки складніших систем формування рекомендацій щодо дозамовлення товарів.

Створення спеціальної математичної моделі для адаптивної рекомендаційної системи прогнозування попиту зазвичай передбачає поєднання різних алгоритмів і математичних методів. Ключова особливість полягає в тому, що система автоматично обирає найбільш доречну модель залежно від характеристик вхідних даних, зокрема від обсягу та довжини історичних даних про продажі. Як приклад наведемо математичне представлення для однієї з ключових моделей, що використовується для коротких часових рядів – Prophet.

Ця техніка передбачає декомпозицію часового ряду на адитивну модель, що враховує загальні тенденції, сезонність та вплив свят. Для початку, часовий ряд $y(t)$ представляється як сума трьох основних компонентів та шумової складової:

$$y(t) = g(t) + s(t) + h(t) + \varepsilon_t, \quad (1)$$

де $y(t)$ - значення досліджуваної змінної у момент часу t ;

$g(t)$ - трендова функція (загальна тенденція зростання/спаду);

$s(t)$ - сезонна компонента;

$h(t)$ - вплив свят або інших зовнішніх подій;

ε_t - шум або випадкове відхилення (біла компонента шуму, $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma^2)$);

N - стандартне відхилення шуму;

σ^2 - дисперсія шуму.

Тепер сформулюємо формулу обчислення сезонної компоненти, яка є важливою частиною цієї математичної моделі:

$$s(t) = \sum_{n=1}^N \left[a_n \cos\left(\frac{2\pi n t}{p}\right) + b_n \sin\left(\frac{2\pi n t}{p}\right) \right] \quad (2)$$

Програмна реалізація. Здійснено практичну реалізацію адаптивної рекомендаційної системи. Аналітичне ядро, що включає математичні моделі, реалізовано з використанням Python[1]. Серверна частина (API) та клієнтський інтерфейс розроблені з використанням TypeScript, NestJS та Next.js[2].

Система використовує вхідні дані у форматі CSV-звітів про продажі. Продемонструємо фрагмент такого вхідного файлу на Рис. 1.

```
DataCSV > 02-2023.csv > data
1  Номенклатура,,,,,Кількість,Курс (максимальний за період),Вартість,Собівартість,Прибуток,Варт
2  (НЗ) Акумуляторна батарея АУУС-Y1 для смарт годинника 380 mah Black (6517),,,,,,2.00,40.05,9.2
3  (НЗ) Веб камера з мікрофоном 4800PC Black (6144),,,,,,1.00,39.84,9.66,6.50,3.16,384.85,258.96,
4  "(НЗ) Настінне кріплення для телевізора (кронштейн) 14-42" "V-1 (5066)",,,,,,1.00,39.11,4.60,
5  Garden Genie Gloves садові рукавички з кігтями (4505),,,,,,3.00,40.05,5.56,2.91,2.65,221.05,1
6  HDMI-перемикач Dellta HS55 на 5 портів HDMI switch з пультом ДК (3843),,,,,,1.00,39.11,8.44,5.
7  USB Bluetooth адаптер V4.0 CSR 20M 3Mbps A2DP (99236)
8  USB Wi-Fi мережевий адаптер Wi Fi 802.11n + Антена (DC1911),,,,,,2.00,39.62,9.65,5.98,3.67,37
9  USB кабель USB - Type C 1 метр Amazon M3 (Мікс кольорів) (90442)
10 USB кабель USB - Type C Golf GC-45 1 метр (випадковий колір) (90736),,,,,,3.00,40.24,4.90,3.30
11 USB кабель для iPhone Golf GC-45 Lightning кабель для заряджання айфона 1 метр (мікс кольорів)
12 USB кабель для iPhone Lightning (кабель для зарядки айфона) 1 метр Amazon M2 (Мікс кольорів)
13 USB кабель для iPhone Lightning (кабель для заряджання айфона) 1 метр Amazon M4 (Мікс кольорів)
14 USB кабель для iPhone Lightning (кабель для зарядки айфона) 1 метр Носо X13 2.4A (Мікс) (9003
15 USB провідна комп'ютерна клавіатура + мишка UKC K01 з підсвічуванням (5559)
```

Рисунок 1. Фрагмент вхідного CSV-звіту до обробки

Як видно, вхідні дані містять зайві порожні стовпці, що виникають через об'єднання комірок в оригінальному файлі. Для вирішення цієї проблеми програмно зчитуємо файл та виконуємо його попередню обробку (Рис. 2), яка видаляє непотрібні стовпці та приводить усі значення до єдиного формату (обгортає в лапки) для коректного імпорту в базу даних.

```
cleanfile.ipynb • 02-2024.csv •
DataCSV > cleaned > 02-2024.csv > data
1  "Номенклатура", "Кількість", "Курс (максимальний за період)", "Вартість", "Собівартість", "Прибуток", "Вартість на валюті", "Собіварт
2  "(НЗ) Акумулятор для гіроборда 10S2P 36v 4400mAh (світло-фіолетовий) (3435)", "3.0", "38.68", "71.65", "47.43", "24.22", "2748.4", "2748.2",
3  "(НЗ) Вулична ретро Smart гірлянда UKC 20 ламп 20 метрів Tuuya + пульт (7920)", "3.0", "38.63", "211.71", "122.4", "89.31", "8111.92", "4686.26
4  "USB Bluetooth адаптер V4.0 CSR 20M 3Mbps A2DP (99236)", "3.0", "38.36", "7.68", "3.96", "3.72", "293.47", "151.3", "142.17"
5  "USB Wi-Fi мережний адаптер PIX-LINK Wi-Fi 802.11n LV-UW 10-2DB (2367)", "14.0", "38.75", "47.99", "28.56", "19.43", "1839.28", "1894.
6  "USB кабель для iPhone Golf GC-45 Lightning кабель для зарядки айфона 1 метр (мікс кольорів) (90734)", "1.0", "38.62", "1.12", "1.1", "0
7  "USB дротова комп'ютерна клавіатура + мишка UKC HK-6300TZ з RGB підсвічуванням (6944)", "1.0", "38.14", "13.25", "6.43", "6.82", "505.36"
8  "Абсорбер (демпфер) підсилювача бампера переднього (піна) Tesla Model 3 (1104669-00-F)", "2.0", "38.62", "53.31", "31.92", "21.39", "2041
9  "Абсорбер (демпфер) підсилювача бампера переднього (піна) Tesla Model 3 Рестайл (2021-) (1104669-CN-G)", "6.0", "38.36", "125.34", "90.78
10 "Абсорбер бампера переднього (пінопласт) Tesla Model Y (1487605-00-A)", "1.0", "38.44", "24.12", "16.22", "7.9", "921.27", "619.6", "619.
11 "Автоматична напувалка для тварин з годівницею 3л для котів та собак Green (93777)", "1.0", "38.03", "10.63", "7.2", "3.43", "404.26", "273.82"
12 "Автоматична напувалка для тварин з годівницею 3л для котів та собак White (93777)", "1.0", "38.44", "10.55", "7.2", "3.35", "405.54", "276.77"
13 "Автоматичні багаторазові бахили Reusable Portable Automatic Shoe (випадковий колір)", "1.0", "38.75", "2.61", "1.0", "1.61", "101.14",
14 "Автоматичний довідник дверей 1IN Black (8627)", "9.0", "38.73", "23.62", "10.08", "13.54", "909.12", "387.97", "521.15"
```

```

DataCSV > 02-2023.csv > data
1  Номенклатура,,,,,Кількість,Курс (максимальний за період),Вартість,Собівартість,Прибуток,Варт
2  (НЗ) Акумуляторна батарея АУУС-Y1 для смарт годинника 380 mah Black (6517),,,,,2.00,40.05,9.2
3  (НЗ) Веб камера з мікрофоном 4800PC Black (6144),,,,,1.00,39.84,9.66,6.50,3.16,384.85,258.96,
4  "(НЗ) Настінне кріплення для телевізора (кронштейн) 14-42" "V-1 (5066)",,,,,1.00,39.11,4.60,
5  Garden Genie Gloves садові рукавички з кігтями (4505),,,,,3.00,40.05,5.56,2.91,2.65,221.05,1
6  HDMI-перемикач Dellta HS55 на 5 портів HDMI switch з пультом ДК (3843),,,,,1.00,39.11,8.44,5.
7  USB Bluetooth адаптер V4.0 CSR 20M 3Mbps A2DP (99236)
8  USB Wi-Fi мережевий адаптер Wi Fi 802.11n + Антена (DC1911),,,,,2.00,39.62,9.65,5.98,3.67,37
9  USB кабель USB - Type C 1 метр Amazon M3 (Мікс кольорів) (90442)
10 USB кабель USB - Type C Golf GC-45 1 метр (випадковий колір) (90736),,,,,3.00,40.24,4.90,3.30
11 USB кабель для iPhone Golf GC-45 Lightning кабель для заряджання айфона 1 метр (мікс кольорів)
12 USB кабель для iPhone Lightning (кабель для зарядки айфона) 1 метр Amazon M2 (Мікс кольорів)
13 USB кабель для iPhone Lightning (кабель для заряджання айфона) 1 метр Amazon M4 (Мікс кольорів)
14 USB кабель для iPhone Lightning (кабель для зарядки айфона) 1 метр Носо X13 2.4A (Мікс) (9003
15 USB провідна комп'ютерна клавіатура + мишка UKC K01 з підсвічуванням (5559)

```

Рисунок 2. Фрагмент Python-скрипту для очищення та форматування CSV-даних

Після очищення та імпорту даних в БД, запускається основний адаптивний рекомендаційний алгоритм (Рис. 3). Його логіка програмно реалізована для автоматичного вибору математичної моделі згідно з правилами, поданими вище. Якщо історія продажів < 12 місяців, обирається Prophet; якщо 12-24 місяці – SARIMA; якщо > 24 місяців – LSTM.

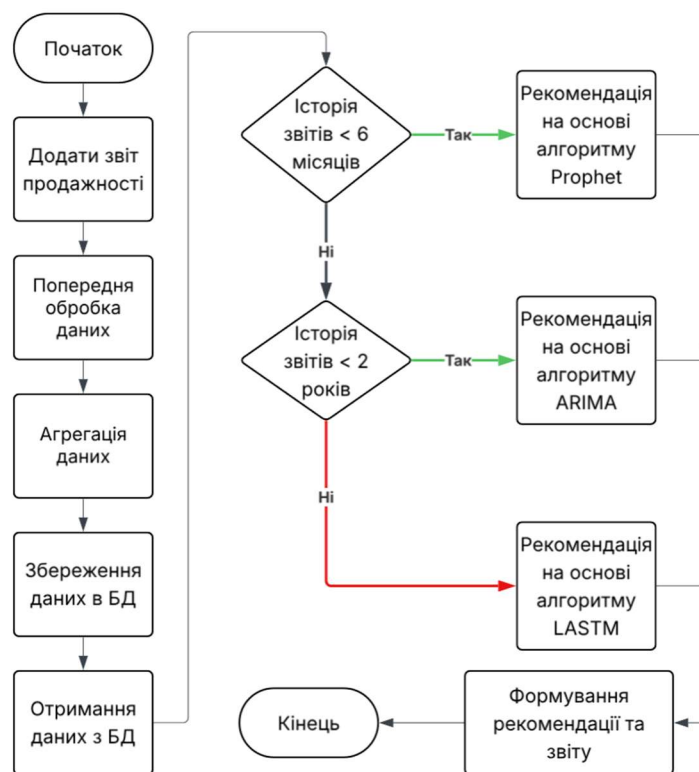


Рисунок 3. Загальна схема функціонування адаптивного алгоритму

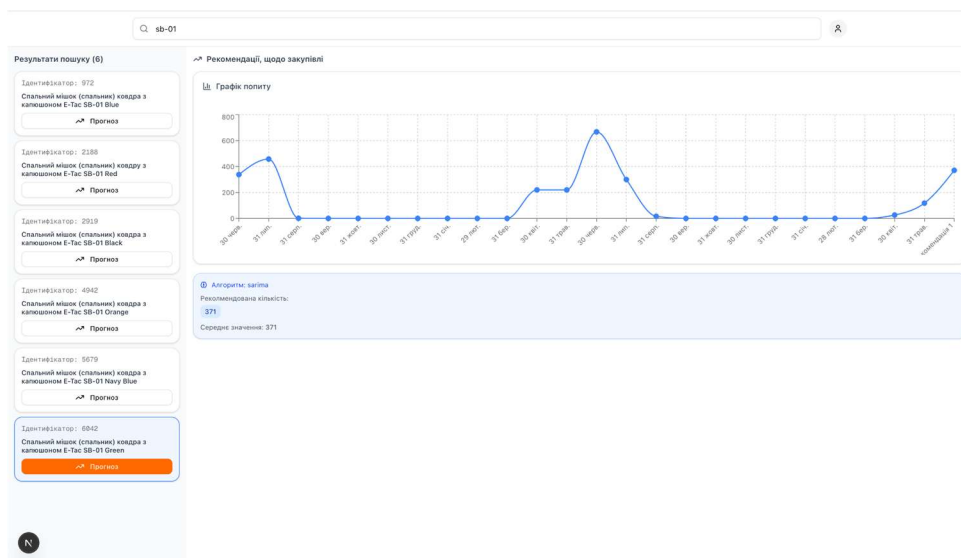


Рисунок 4. Результат роботи системи у користувацькому інтерфейс

Наостанок, система формує рекомендацію, а API передає її у користувацький інтерфейс. Результат роботи системи (Рис. 4) відображає рекомендовану кількість товару до замовлення («Рекомендація, щодо закупівлі») та візуалізує «Графік попиту», що поєднує історичні дані з прогнозом.

Висновок. Підсумовуючи, поєднання адаптивних математичних моделей (Prophet, ARIMA, LSTM) та сучасних веб-технологій обіцяє значно посилити системи управління товарними запасами в електронній комерції. Одним із найбільших викликів, який вирішує ця система, є різноманітність вхідних даних; алгоритм автоматично адаптується до обсягу та якості історії продажів для кожного окремого товару. Водночас, ефективність прогнозування залишається залежною від ретельної попередньої обробки даних для забезпечення їх достовірності. Подальший розвиток роботи буде спрямований на розширення функціональності системи, зокрема через інтеграцію більш складних моделей машинного навчання та масштабування рішення, і, як наслідок, для подальшого покращення точності прогнозів та економічної ефективності для бізнесу.

Список використаних літературних джерел

- [1] Python Features – GeeksforGeeks. URL: <https://www.geeksforgeeks.org/python-features>.
- [2] Flanagan D. JavaScript: The Definitive Guide. 7th ed. O'Reilly Media, 2020. 657-661 p.

Adaptive recommendation system for selling goods on online platforms

Vladyslav Vasyliv, Oleksiy Sinkevych

An analysis of the general characteristics and issues of inventory management systems in the e-commerce sector was carried out. It was determined that the key obstacle for small and micro enterprises is the high cost, financial burden and complexity of implementing existing complex ERP and CRM solutions. To improve such solutions and provide an accessible tool, an adaptive recommendation algorithm was developed for predicting the volume of reordering of goods. The built system is based on the automatic selection of the most relevant mathematical model (Prophet, SARI-MA or LSTM) depending on the amount of available historical data for each individual product line.