

Олександр Рудниченко, Михайло Паславський*

¹ НЛТУ України, Львів, Україна, 122.24rudnychenko.o@nltu.lviv.ua

² НЛТУ України, Львів, Україна, mykhailo.paslavskyi@nltu.edu.ua

Прогнозування динаміки продажів супермаркету за допомогою алгоритмів машинного навчання

***Анотація.** В роботі розроблено інтелектуальну систему прогнозування динаміки продажів у супермаркетах на основі алгоритмів машинного навчання. У ній досліджуються сучасні підходи до прогнозування у роздрібній торгівлі, аналізується ринок та цільова аудиторія українських підприємств. Розроблено структуру моделі та архітектуру системи, яка враховує сезонність, маркетингові акції та поведінку споживачів. Проект має на меті підвищити точність та адаптивність прогнозів, що дозволить оптимізувати запаси, зменшити втрати та покращити управлінські процеси у торгівлі.*

***Ключові слова** – машинне навчання, регресійна модель, Python, Scikit-Learn, Seaborn, Streamlit.*

Вступ. У сучасних умовах швидкого розвитку торгівлі та високої конкуренції між торговельними мережами особливої актуальності набуває завдання прогнозування об'ємів продажів. Точне передбачення динаміки продажів дозволяє ефективно планувати запаси, оптимізувати логістику та зменшувати витрати підприємства. Завдяки розвитку машинного навчання з'явилася можливість аналізувати великі об'єми історичних даних і виявляти закономірності, недоступні для традиційних методів статистики. Алгоритми машинного навчання, такі як лінійна регресія, дерева рішень чи нейронні мережі, здатні забезпечити високу точність прогнозів навіть за умов складних взаємозв'язків між факторами. Використання таких методів у сфері роздрібної торгівлі сприяє підвищенню прибутковості та конкурентоспроможності супермаркетів. Дослідження у цій роботі спрямоване на розроблення моделі прогнозування динаміки продажів на основі аналізу історичних даних із застосуванням сучасних алгоритмів машинного навчання. Результати роботи можуть бути використані для

підтримки прийняття управлінських рішень у сфері маркетингу, закупівель та управління запасами.

Розробка інтелектуальної системи. Мета роботи – розробка інтелектуальної системи прогнозування динаміки продажів у супермаркетах на основі алгоритмів машинного навчання. Задача прогнозування динаміки продажів у роздрібній торгівлі належить до категорії задач регресії, в якій необхідно передбачити числове значення об'єму продажів товарів у майбутні часові періоди. Така задача передбачає аналіз наявних історичних даних про продажі, врахування сезонних коливань, днів тижня, впливу святкових днів, рекламних кампаній, цінових змін та інших факторів, що можуть суттєво впливати на попит.

Прогнозування може виконуватись як для одного товару, так і для категорій товарів або навіть на рівні всього магазину. Важливою особливістю задачі є залежність продажів від попередніх значень, що обумовлює використання методів часових рядів або гібридних моделей, які враховують як часову динаміку, так і вплив зовнішніх факторів. Залежно від потреб бізнесу прогноз може бути короткостроковим (дні, тижні) або довгостроковим (місяці, квартали).



Рисунок 1. Особливості прогнозування продажів у супермаркеті

У постановці задачі слід визначити мету прогнозування: оптимізацію запасів, планування закупівель, ефективне ціноутворення або управління логістикою. Виходячи з цього обирається не тільки об'єм і тип даних, але й відповідні алгоритми машинного навчання, що забезпечують необхідну точність моделі.

Задача прогнозування продажів полягає у створенні математичної моделі, яка здатна з достатньою точністю передбачити об'єм майбутніх продажів товарів або категорій товарів на основі історичних даних. Прогнозування дозволяє

оптимізувати запаси, підвищити прибутковість, уникнути дефіциту або надлишку продукції.



Рисунок 2. Фактори, що впливають на прогнозування продажів

Задача прогнозування продажів у супермаркеті передбачає визначення майбутніх об'ємів реалізації товарів на основі історичних даних, таких як об'єми продажів, дати, категорії товарів, місце продажу, сезонність. Вона спрямована на створення ефективної системи, що аналізує історичні дані продажів і формує точні прогнози на майбутні періоди. Це дозволяє супермаркету оптимізувати свої ресурси, підвищити якість обслуговування клієнтів.

Експериментальна частина. Набір даних містить інформацію про щоденні продажі товарів у супермаркетах, розташованих у різних містах України і призначений для побудови моделей прогнозування динаміки продажів з використанням методів машинного навчання. Кожен запис у наборі даних відображає конкретну транзакцію за день, що дозволяє аналізувати як загальну динаміку виручки, так і поведінку окремих категорій товарів.

Основою даних є інформація про дату здійснення продажу, місто розташування магазину, ідентифікатор товару, категорію товару, ціну в гривнях, об'єм продажів у грошовому еквіваленті, додаткові часові та календарні ознаки. Міста, представлені в наборі даних, включають такі регіональні центри, як Київ, Львів, Харків, Одеса, Дніпро, Запоріжжя, Чернівці, Івано-Франківськ, Він-

ниця та Луцьк, що забезпечує географічну різноманітність і дозволяє враховувати регіональні особливості споживчого попиту. Категорії товарів охоплюють широкий спектр продукції, характерної для сучасного супермаркету: молочні продукти, безалкогольні напої, м'ясні вироби, фрукти та овочі, побутова хімія, крупи та борошно, снеки, заморожені продукти, консерви, засоби гігієни, хлібобулочні вироби, сніданкові продукти, морепродукти та інші товари.

Інтелектуальна система дозволяє досліджувати динаміку продажів супермаркету та отримувати прогнози на майбутні періоди. Користувач може обрати конкретне місто з доступного переліку, вибрати категорію товару, що цікавить, та встановити горизонт прогнозування за допомогою повзунка, який дозволяє задати тривалість від 7 до 90 днів. Після вибору цих параметрів система автоматично обробляє дані та візуалізує результати.

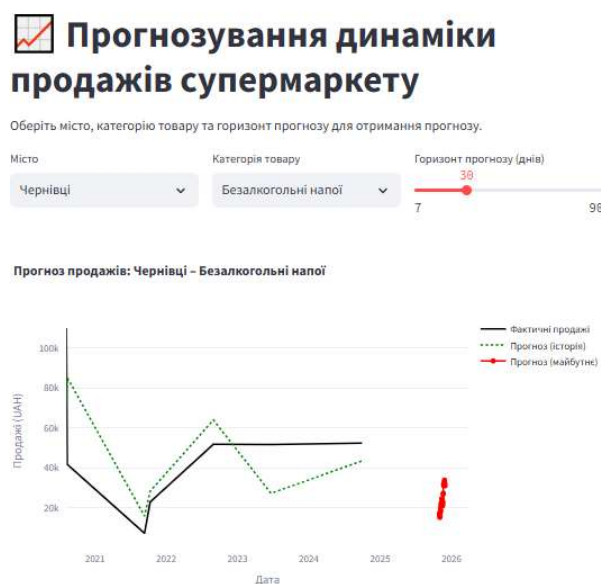


Рисунок 3. Інтерфейс інтелектуальної системи

Формується графік, який відображає три лінії: фактичні історичні продажі, відтворену моделлю історію (прогноз на минулі періоди) та прогноз на майбутнє. Це дозволяє візуально оцінити, наскільки точно модель описує минулу динаміку і побачити очікуваний тренд. Графік побудовано за допомогою бібліотеки Plotly, тому користувач може наводити курсор на лінії, щоб побачити точні значення продажів у конкретні дати, а також збільшувати окремі ділянки графіка для детальнішого аналізу.



Рисунок 4. Метрики якості інтелектуальної системи

Під графіком інтелектуальна система наводить числові метрики якості моделі, розраховані на історичних даних: середню абсолютну похибку MAE, середньоквадратичну похибку RMSE та коефіцієнт детермінації R². Ці показники допомагають оцінити надійність моделі, чим менші значення MAE та RMSE і чим ближчий R² до одиниці, тим точніший прогноз.

Прогноз на наступні дні (починаючи з 1 листопада 2025)

Дата	Прогноз (UAH)
0 2025-11-01 00:00:00	16,941
1 2025-11-02 00:00:00	16,171
2 2025-11-03 00:00:00	15,040
3 2025-11-04 00:00:00	15,470
4 2025-11-05 00:00:00	17,149
5 2025-11-06 00:00:00	18,161
6 2025-11-07 00:00:00	19,908
7 2025-11-08 00:00:00	18,300
8 2025-11-09 00:00:00	21,988
9 2025-11-10 00:00:00	20,857

Рисунок 5. Прогноз продажів на наступні дні

Інтерфейс системи також виводить таблицю з щоденними прогнозованими значеннями продажів у грошовому вираженні на обрану кількість днів вперед. Користувач бачить, які суми очікуються щодня, починаючи з наступної дати після останньої історичної точки.

Висновок. Розроблено інтелектуальну систему прогнозування динаміки продажів супермаркету з використанням алгоритмів машинного навчання. Проведено аналіз сучасних методів і підходів до прогнозування в роздрібній торгівлі, що дозволило визначити найбільш ефективні алгоритми для моделювання часових рядів. Розроблена система забезпечує можливість обробки великих об'ємів даних, враховує сезонні коливання, маркетингові акції та зовнішні фактори. Реалізація проекту на мові програмування Python із застосуванням бібліотек Scikit-Learn, XGBoost і Streamlit дала змогу створити зручний інтерфейс для користувача та досягти високої точності прогнозів. Проведене тестування підтвердило ефективність розробленої моделі та її здатність адаптуватися до змін у

поведінці споживачів. Отримані результати мають практичне значення для підприємств роздрібно́ї торгівлі, оскільки сприяють оптимізації запасів і підвищенню прибутковості.

Список використаних літературних джерел

- [1] Fildes, R., Ma, S., & Kolassa S. (2022). Retail forecasting: research and practice. *International journal of forecasting*. 38(4), p. 1283-1318.
- [2] Ramachandran, K. (2023). Predicting supermarket sales with big data analytics. *International journal of data analytics*. 3(1), p. 12-21.
- [3] Zhao, Y., Xu, L., & Li, Y. (2022). Machine learning-based sales forecasting in retail. *Computer science information technologies*. 30, p. 39-48.

Forecasting supermarket sales dynamics using machine learning algorithms

Oleksandr Rudnychenko, Mykhailo Paslavskyi

The work develops an intelligent system for forecasting the dynamics of sales in supermarkets based on machine learning algorithms. It explores modern approaches to forecasting in retail trade, analyses the market and target audience of Ukrainian enterprises. The model structure and system architecture are developed, which takes into account seasonality, marketing campaigns and consumer behavior. The project aims to increase the accuracy and adaptability of forecasts, which will allow optimizing inventories, reducing losses and improving management processes in trade.