

Ростислав Петрик, Михайло Паславський*

¹ НЛТУ України, Львів, Україна, 122.24petryk.r@nltu.lviv.ua

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

Інтелектуальна система прогнозування продажів лікарських засобів

***Анотація.** В роботі розроблено та реалізовано інтелектуальну систему для прогнозування продажів лікарських засобів. В результаті виконання роботи було досліджено два методи, аналіз часових рядів та випадковий ліс, проаналізовано можливості робити прогнозування та особливості їх процесу роботи у прогнозуванні. В даній роботі всі дослідження і експерименти проводилися з набором реальних даних для досягнення максимальної ефективності в задачі прогнозування продажів товарів.*

***Ключові слова** – інтелектуальна система, машинне навчання, прогнозування продаж лікарських засобів, Python.*

Вступ. Прогнозування продажів це поширене і важливе застосування машинного навчання. Прогнози продажів можна використовувати для визначення контрольних показників і визначення додаткових впливів нових ініціатив, планування ресурсів у відповідь на очікуваний попит і прогнозування майбутніх бюджетів. Недостатня кількість виробленої кількості українських медикаментів через воєнні дії та великий імпорт зарубіжних медикаментів додали складнощів та зробили різкі зміни для прогнозування продажу.

Розробка інтелектуальної системи. Мета роботи – прогнозування продажу медикаментів за рахунок розробки інтелектуальної системи із застосуванням методів машинного навчання. Для дослідження та навчання моделі прогнозування обрано набір даних з даними для української аптечної мережі. Набір даних охоплює період з серпня по жовтень 2025 року та містить історичні дані про продажі лікарських засобів. Цей набір даних дозволяє аналізувати вплив сезонних факторів на попит, досліджувати еластичність попиту за ціною, оцінювати ефективність акційних кампаній, будувати регіональні прогнози, тестувати різні алгоритми машинного навчання, оптимізувати товарні запаси з урахуванням прогнозованого попиту.

Задача прогнозування продажів лікарських засобів належить до класу задач регресійного аналізу часових рядів, у яких необхідно на основі історичних даних оцінити майбутні значення цільової змінної. У контексті фармацевтичної галузі така змінна це кількість проданих одиниць певного лікарського засобу у визначеному часовому інтервалі (день, тиждень, місяць) в конкретній аптеці або регіоні.

У задачі можуть бути використані різні горизонти прогнозування. Короткостроковий прогноз на 1-7 днів вперед для планування щоденних замовлень. Середньостроковий прогноз на 1-4 тижні для регіональних закупівель.

Результатом роботи прогнозної системи є прогнозоване значення продажів на кожен позицію лікарських засобів на заданий період, пояснення ключових факторів, що впливають на результат. Для реалізації інтелектуальної системи прогнозування продажів лікарських засобів обрано мову Python. Середовище розробки Google Colab використано для експериментальної розробки візуалізації даних та покрокового виконання коду.

Основні бібліотеки для аналізу даних: Pandas для попередньої обробки даних, NumPy для роботи з масивами та математичних обчислень, Matplotlib, Seaborn для побудови графіків та аналізу часових рядів. Scikit-Learn надає інструменти для попередньої обробки, побудови та оцінки моделей машинного навчання. Statsmodels це спеціалізована бібліотека для аналізу часових рядів, реалізує моделі ARIMA, SARIMAX. Prophet це бібліотека для прогнозування часових рядів.

Система працює за наступним алгоритмом. Історичні дані про продажі завантажуються з CSV-файлу. Далі проводиться попередня обробка даних: перевірка на пропуски та аномалії, перетворення дати в індекс часового ряду, кодування категоріальних ознак (регіон, назва препарату). Після цього проводять аналіз та візуалізацію даних. Це побудова графіків для виявлення трендів, сезонності та циклічності. На наступному етапі проводять побудову та навчання моделі: розділення даних на навчальну та тестову вибірки, вибір моделі прогнозування (Random Forest), навчання моделі на тренувальних даних. Проводиться

оцінка якості моделі, це прогноз на тестовій вибірці та розрахунок метрик помилки. На останньому етапі проводиться прогнозування, генерація прогнозу на майбутній період. Отримують в результаті відображення історичних даних, тестового прогнозу та фінального прогнозу на одному графіку.

Фактори, що враховуються при продажах лікарських засобів, наступні. Сезонність: підвищення попиту на протизастудні препарати в осінньо-зимовий період, на антигістамінні засоби навесні. Епідеміологічна обстановка: спалахи грипу або інших інфекційних захворювань. Економічні фактори: коливання курсу валют, що впливає на ціни імпортованих ліків. Регіональні особливості: попит може відрізнятись в різних областях України.

Експериментальна частина. Графічний інтерфейс системи прогнозування продажів лікарських засобів надає інструментарій для аналізу та прогнозування динаміки фармацевтичного ринку України. При відкритті додатка користувач бачить головну панель керування з чотирма основними вкладками, які ведуть від загального огляду до аналізу та прогнозування.

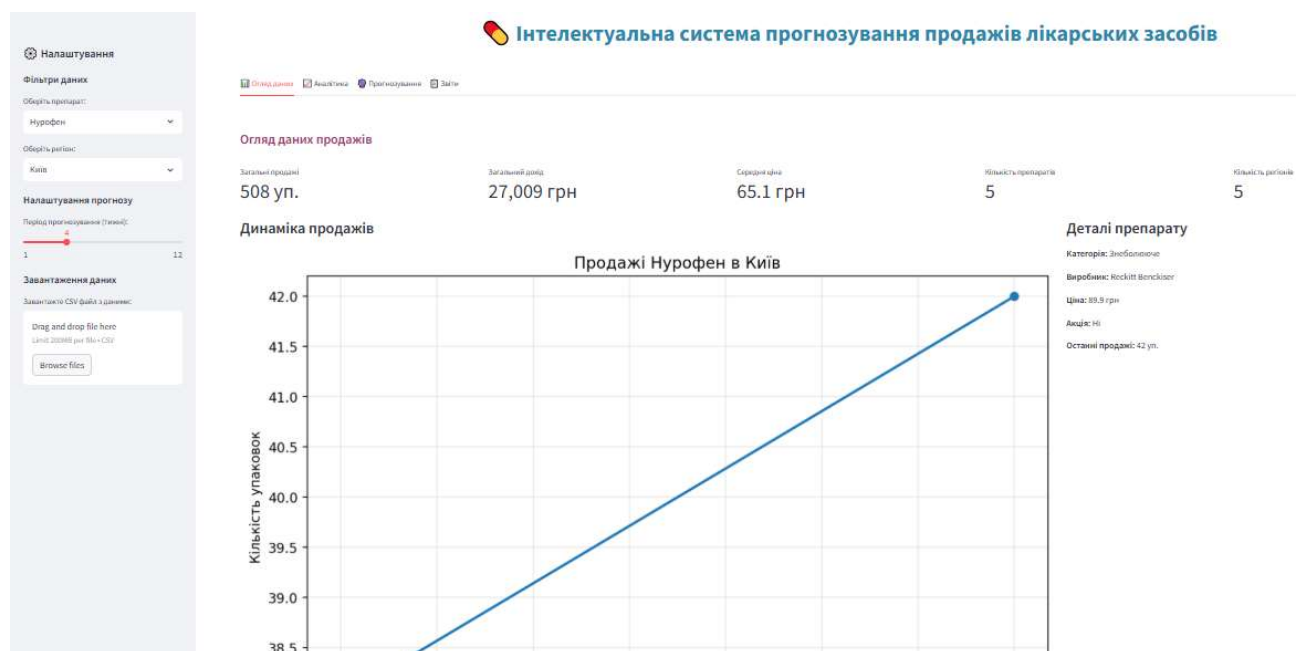


Рисунок 1. Інтерфейс інтелектуальної системи (вкладка огляд даних)

На вкладці огляд продемонстровано ключові метрики системи у вигляді наочних показників: загальний обсяг продажів у упаковках, сумарний дохід у гривнях, середню ціну за упаковку, кількість аналізованих препаратів та охоплені регіони. Нижче розташований графік динаміки продажів обраного препа-

рату в обраному регіоні, який візуалізує зміни об’ємів реалізації за весь період спостереження. У правій частині екрана відображається детальна інформація про обраний препарат, включаючи його фармакотерапевтичну категорію, виробника, поточну ціну та інформацію про акційні пропозиції.

На вкладці аналітика можна досліджувати розподіл продажів по регіонах України на стовпчиковій діаграмі, що дозволяє виявити регіональні особливості споживання лікарських засобів. Кругова діаграма відображає частку різних фармакотерапевтичних категорій у загальному об’ємі продажів.

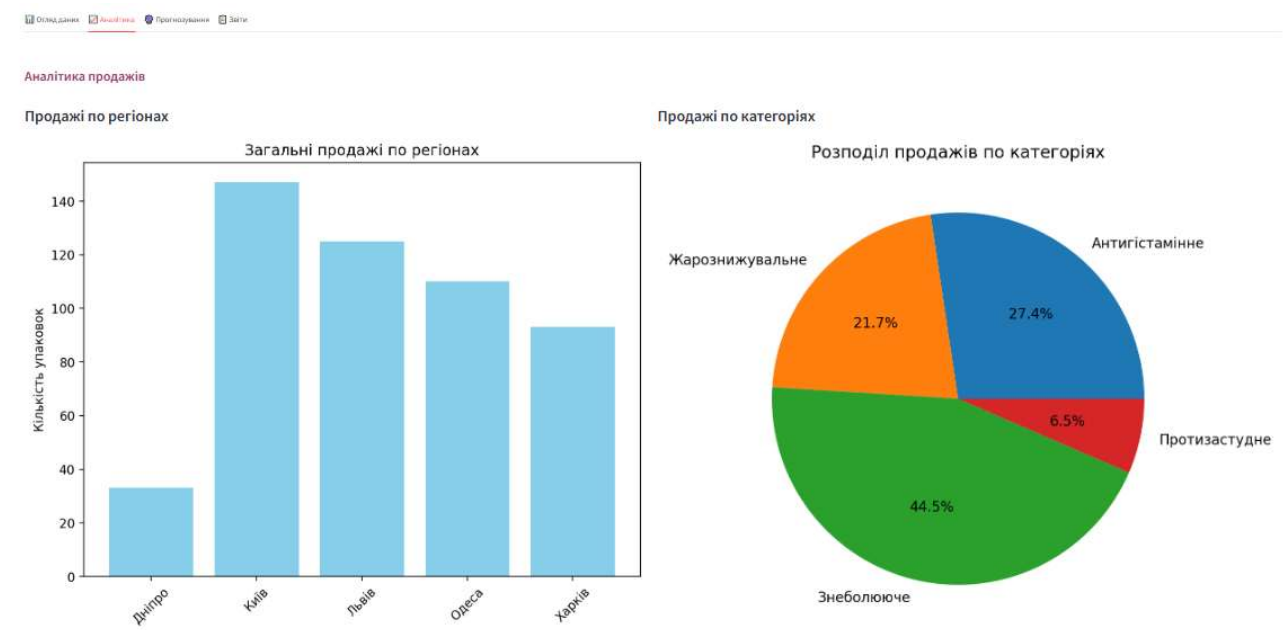


Рисунок 2. Вкладка аналітика

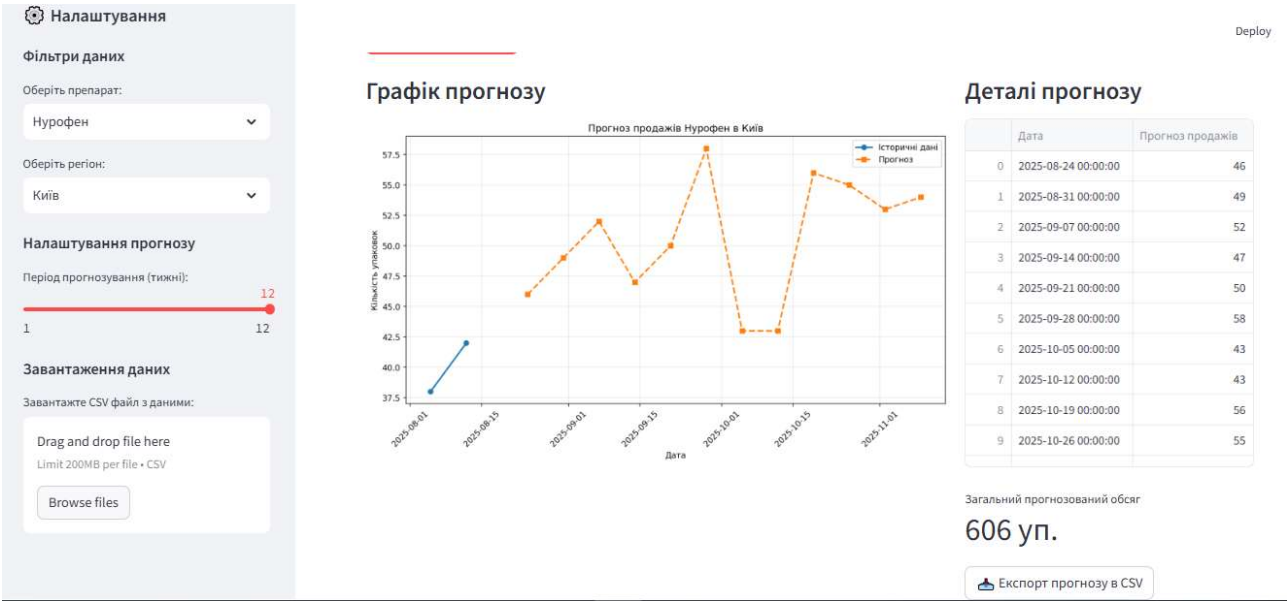


Рисунок 3. Вкладка прогнозування

Вкладка прогнозування є центральним елементом системи, де відбувається генерація прогнозів на основі історичних даних. Після натискання кнопки генерації прогнозу система будує комбінований графік, який поєднує фактичні дані минулих періодів із прогнозованими значеннями на майбутні тижні. Ця візуалізація дозволяє відстежити тенденції та сезонні коливання, а також оцінити достовірність прогнозу. У правій частині відображається таблиця з конкретними числовими значеннями прогнозу по датах, а також загальний прогнозований обсяг продажів.

Висновок. Розроблено інтелектуальну систему для прогнозування продажів лікарських засобів. Дослідження показало високу ефективність застосування методів машинного навчання, алгоритмів Random Forest та аналізу часових рядів для вирішення задачі прогнозування у фармацевтичній галузі. Розроблена математична модель дозволяє враховувати ключові фактори, що впливають на попит, такі як сезонність, цінові зміни, акції та регіональні особливості. Інтелектуальна система демонструє здатність генерувати точні короткострокові та середньострокові прогнози, що підтверджується низькими значеннями метрик помилок. Програмна реалізація на Python з використанням бібліотек Scikit-learn, Pandas та Streamlit забезпечила гнучкість, масштабованість та зручність використання системи. Створений графічний інтерфейс спрощує взаємодію з системою для кінцевого користувача, надаючи зрозумілі інструменти для аналізу даних та візуалізації результатів.

Список використаних літературних джерел

- [1] Smith, J., Brown, L., & Taylor, M. (2019). Inventory management and demand forecasting in pharmaceutical supply chains. *Journal of Supply Chain Management*. 55(3), pp. 45-59.
- [2] Johnson, P., & Wang, Y. (2021). Adapting pharmaceutical marketing strategies through demand forecasting. *Pharma Marketing Journal*. 14(2), pp. 101-115.
- [3] Kumar, R., & Gupta S. (2020). Social impact of pharmaceutical supply chain optimization. *Health Policy and Technology*. 9(4), pp. 421-429.

Intelligent drug sales forecasting system

Rostyslav Petryk, Mykhailo Paslavskyi

The work developed and implemented an intelligent system for forecasting sales of medicines. As a result of the work, two methods were investigated, time series analysis and random forest, the possibilities of making forecasts and the peculiarities of their work process in forecasting were analyzed. In this work, all research and experiments were conducted with a set of real data to achieve maximum efficiency in the task of forecasting sales of goods.