

УДК 656.073:004.8

Ломотько Д.В.¹, Бєляєв Я.А.²

¹ проф. УкрДУЗТ

² асп. УкрДУЗТ

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ НАВАНТАЖЕННЯ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ НА ОСНОВІ АЛГОРИТМІВ ПРЕДИКТИВНОЇ АНАЛІТИКИ

Однією з найбільших складових вартості аграрної продукції є логістика [1]. В нинішніх складних умовах перевезень і роботи припортових елеваторів

традиційні методи планування все частіше показують свою неефективність. Постає питання впровадження інтелектуальних систем прогнозування логістичних процесів. Ключовим елементом запропонованого підходу є створення системи, що об'єднує різноманітні джерела даних. Для забезпечення якості вхідних даних на етапі Data Cleaning пропонується використовувати метод інтелектуальної імпуатації пропущених даних на основі алгоритму k-найближчих сусідів (k-NN). Проблема несумісності форматів даних вирішується шляхом нормалізації даних та приведення їх до єдиного часового базису через ETL-процеси. В основу інтелектуальної системи покладено ансамблеві методи машинного навчання. Найбільш перспективним в умовах нерівномірного підходу вагонів є використання алгоритму XGBoost. На відміну від Random Forest, він ефективніше працює з табличними логістичними даними та дозволяє мінімізувати помилку прогнозування часу прибуття до 5-8%. Предиктивна аналітика дозволяє, спираючись на дані про попередні перевезення, погодні умови, стан рухомого складу та інші показники, створювати моделі, що допоможуть оптимізувати процеси перевезень у майбутньому [2]. Процес навантаження зернових вантажів – це складна система [3], де цільовою функцією вважається зменшення часу обороту вагона. Цільова функція зменшення часу обороту вагона формулюється наступним чином:

$$T_{обр.} = \Sigma(t_{приб.} + t_{очік.} + t_{навант.}) \rightarrow \min, (1)$$

де $T_{обр.}$ – загальний час логістичного циклу обробки вагона, год; $t_{приб.}$

– час операції по прибуттю підходу рухомого складу, год; $t_{очік.}$ – час очікування готовності рухомого складу та навантажувальних пристроїв, год; $t_{навант.}$ – чистий час виконання вантажних операцій. При цьому накладаються ключові технологічні обмеження: відповідність обсягу партії потужності елеватора та наявність необхідного рухомого складу на фронтах навантаження. Для оптимізації цих процесів пропонується алгоритм на основі градієнтного бустингу, що аналізує наступні параметри:

Прогноз прибуття: визначення часу підходу вагонів до станції навантаження;

Якість вантажу: визначення вологості, засміченості та інших параметрів зерна, що впливають на час його навантаження;

Стан обладнання: прогноз відмов пристроїв навантаження зернових вантажів.

Предиктивна модель, на відміну від статичної, дозволяє в режимі реального часу перерозподіляти чергу вагонів. Наприклад, якщо система прогнозує затримку судна в порту, пріоритет навантаження відповідної партії

зерна знижується, звільняючи потужності для більш термінового відправлення. У ході дослідження було розроблено прогностичну модель на основі LSTM (Long Short-Term Memory). Такий клас моделей є найбільш ефективним для зернової логістики, оскільки дозволяє враховувати часові залежності та «пам'ятати» попередні затримки. Моделювання показало, що завдяки синхронізації елеваторів, залізниці та портів вдалося скоротити час простою рухомого складу на 12%, що насамперед призведе до зменшення собівартості перевезень та збільшення ефективності використання рухомого складу та технічних засобів при перевезенні зернових вантажів. Також система виключає людський фактор при прийнятті оперативних рішень диспетчерським апаратом. Висновки. Впровадження методів інтелектуального аналізу є критично важливим для цифровізації транспортних систем України. Моделі з предиктивною аналітикою показують значний економічний ефект, що забезпечить зменшення логістичних витрат на 4,5-6,0 грн/т вантажу за рахунок зменшення простоїв рухомого складу, а також збільшення пропускної спроможності існуючих зернових логістичних ланцюгів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Лук'янова О. М. Транспортний комплекс України: виклики воєнного часу та перспективи розвитку //Вісник економіки транспорту і промисловості. – 2024. – №. 85. – С. 42-50.
2. Целлер В., Крамський С. Вплив мультимодальних перевезень та інновацій на логістичне бізнес-середовище у вимірі турбулентності //Сталий розвиток економіки. – 2025. – №. 2 (53). – С. 632-638.
3. Арсененко Д. В., Ломотко Д. В., Ковальова О. В. Розроблення оптимальної технології перевезення зернових вантажів з урахуванням сучасних тенденцій галузі //Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. – 2024. – №. 208. – С. 215-222.