

¹БЕРЕСТОВ І.В. канд. техн. наук., доцент, ¹КОЛІСНИК А.В., канд. техн. наук., доцент, ¹ПЕСТРЕМЕНКО-СКРИПКА О.С., канд. техн. наук., доцент, ¹ШПЕК Т.В. аспірант, ¹МИКИТАСЬ О.-М.С., аспірант
¹Український державний університет залізничного транспорту



Аналіз сучасних підходів до управління логістичними процесами на основі прогнозування надходження контейнеропотоків до логістичних хабів

Анотація. Для удосконалення технології обробки контейнерів на контейнерних терміналах або логістичних хабах в Україні було проаналізовано причини та тривалість простой вантажів на прикордонних переходах, що прямують залізничним транспортом, також було визначено найбільш розповсюджену номенклатуру вантажів, що перетинає кордон. Накопичення на переходах великих обсягів вантажів, що перевозяться залізницею та їх тривале очікування відправлення через кордон України свідчать про недостатню ефективність координації перевезень. В якості вирішення проблеми було запропоновано впровадження прогнозованої моделі надходження вантажів у контейнерах до логістичного хабу, яку в подальшому можливо впровадити в інформаційно-керуючі системи, що діють сьогодні. Дана модель забезпечить накопичення потрібної кількості контейнерів на логістичному хабі для подальшого транспортування залізницею через прикордонний пункт. Це призведе до зменшення непродуктивних простой, що можуть виникати під час транспортування вантажу, зокрема залізницею, зменшенню ризиків виникнення непередбачених ситуацій за рахунок можливості чіткого планування перевезень тим самим зменшення додаткових витрат та уникненню черг на прикордонних переходах.

Ключові слова: контейнерні перевезення, ризики, нейронна мережа, комірки LSTM, інтенсивність потоку, логістичний хаб.

Вступ.

Логістичні хаби є важливими елементами сучасних вантажних перевезень. Їхнє значення зростає в умовах інтенсивного розвитку міжнародної торгівлі та глобалізації, оскільки вони об'єднують різні види транспорту та забезпечують координацію складних процесів постачання. Вони дозволяють скоротити час перевантажень і мінімізувати витрати, що виникають при переміщенні товарів між різними транспортними засобами. Використання сучасних технологій, таких як автоматизація та цифрові платформи управління, допомагає оптимізувати процеси сортування, зберігання та розподілу вантажів. Дані в реальному часі дозволяють хабам адаптуватися до змін попиту та забезпечувати точність постачань. Логістичні центри впроваджують сучасні системи моніторингу, контролю доступу та управління ризиками, що сприяє збереженню вантажів і дотриманню стандартів міжнародної торгівлі.

Хаби адаптуються до змін у глобальних ланцюгах постачання, підтримуючи ефективне управління потоками незалежно від обсягів вантажів.

Особливу увагу в дослідженні приділено участі залізничного транспорту як невід'ємної складової вантажних перевезень у логістичних хабах. Залізниця залишається одним із найбільш економічно ефективних та екологічно чистих видів транспорту, що робить її стратегічно важливою для розвитку логістичних центрів. Взаємодія між залізничним транспортом та іншими видами перевезень на базі логістичних хабів дозволить використанню більш ефективних технологій з транспортування вантажів на різні відстані, знижуючи витрати та час доставки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Вирішенням проблем пов'язаних з організації транспортування вантажів у контейнерах за участю залізниці в умовах міжнародного сполучення при взаємодії різних видів транспорту займалися як закордонні та вітчизняні вчені такі як Ломотько Д.В., Прохорченко А.В., Ковальов А.О., Запара В.М., Примаченко Г.О. і ін. В [2] підкреслено,

© БЕРЕСТОВ І.В., КОЛІСНИК А.В., ПЕСТРЕМЕНКО-СКРИПКА О.С., ШПЕК Т.В., МИКИТАСЬ О.-М.С. 2025

що логістичні хаби мають ключове значення в транспортних процесах, оскільки саме в цих точках відбувається концентрація та групування товарних потоків. Водночас транспортно-логістичні вузли, такі як місця розташування експедиторських компаній або термінали комбінованих перевезень, рідко інтегруються в моделювання попиту на вантажні перевезення та майже не охоплюються емпіричними дослідженнями. В [3] розглядається моделювання попиту на вантажні перевезення двома підходами: на основі товарних потоків і на основі поїздок транспортних засобів. Аналізуються характеристики розподілу довжини рейсів (РДП), виражені в тоннах — відповідно до вимог моделювання за обсягами перевезених товарів, а також у кількості рейсів транспортних засобів — згідно з підходом моделювання на основі поїздок. В [4] Зазначено, що представлена імітаційна модель з агентними принципами, заснована на логістичних підходах, здатна значно оптимізувати технологічний процес роботи залізничного вузла. За рахунок цієї моделі поїзний диспетчер отримує актуальні дані про стан і завантаженість кожного елемента керуючої системи, що дозволяє приймати обґрунтовані рішення щодо його використання. Результати моделювання відображаються через автоматизоване робоче місце (АРМ) поїзного диспетчера, виконуючи функції системи підтримки прийняття рішень.

Визначення мети та завдання дослідження.

Метою даного дослідження є удосконалення технології контейнерних перевезень на основі прогнозування їх надходження при взаємодії логістичних хабів та прикордонних переходів і впровадження нових модулів в мережі середовища інформаційно-керуючої системи.

Виклад основного матеріалу.

Технологія обробки контейнерів на контейнерних терміналах або логістичних хабах, де формуються контейнерні або вантажні поїзди, впливає на рівень логістичних витрат, що в свою чергу є складовою вартості транспортування вантажів у контейнерах. Одним із способів зменшення вартості такого виду перевезень є зменшення непродуктивних простоїв, зокрема і на логістичних

хабах. Як відомо, найбільші логістичні хаби, такі як Роттердам, Валенсія і інші оснащені програмним забезпеченням для прогнозування надходження контейнерів від вантажовідправників. Це дозволяє оптимально сформувати контейнерні або вантажні поїзди для подальшого транспортування з урахуванням черг на прикордонних станціях.

Для удосконалення технології обробки контейнерів на контейнерних терміналах або логістичних хабах в Україні було проаналізовано затримки вантажів на прикордонних переходах, що прямують залізничним транспортом, також було визначено найбільш розповсюджену номенклатуру вантажів, що перетинає кордон (рис. 1.1). Українсько-румунські та молдовські прикордонні переходи демонструють суттєве скорочення обсягів залізничних перевезень за десять місяців 2024 року. Загальний обсяг вантажів, перевезених через румунські переходи, становить 2,8 млн тонн, що на 27% менше порівняно з аналогічним періодом 2023 року. Згідно статистичних даних через перехід Вадул-Сірет, на кінець 2024 року, в черзі на обробку перебували 334 вагони, з них 137 — із лісовими вантажами, 61 — із цементом, 36 — із зерном, 36 — із контейнерами. Впродовж 2024 року, перехід Дяково — Халмеу демонструє перехід 467,3 тис. тонн (-31%) вантажу через кордон. В черзі очікуванні знаходилось 111 вагонів, з яких 62 — із цементом, 19 з металургійною продукцією, 30 із жмихами [1].

У 2024 році перевезення через молдовські прикордонні переходи склали 1,9 млн тонн, що на 32% менше, ніж за аналогічний період минулого року. Основними вантажами, що перетинають молдовський кордон, є зернові (517,1 тис. тонн), будівельні матеріали (377,5 тис. тонн) та нафтопродукти (91 тис. тонн).

Ключові залізничні переходи та середня добова кількість переданих вагонів:

Рені — Джурджулешти — 19 вагонів/добу; Серпнєве 1 — Басарабська — 10 вагонів/добу; Могилів-Подільський — Велчинець — 18 вагонів/добу; Кучурган — Новосавицьке — 8 вагонів/добу; Сокиряни — Окниця — 11 вагонів/добу. Статистичні дані наведено на рис.1.

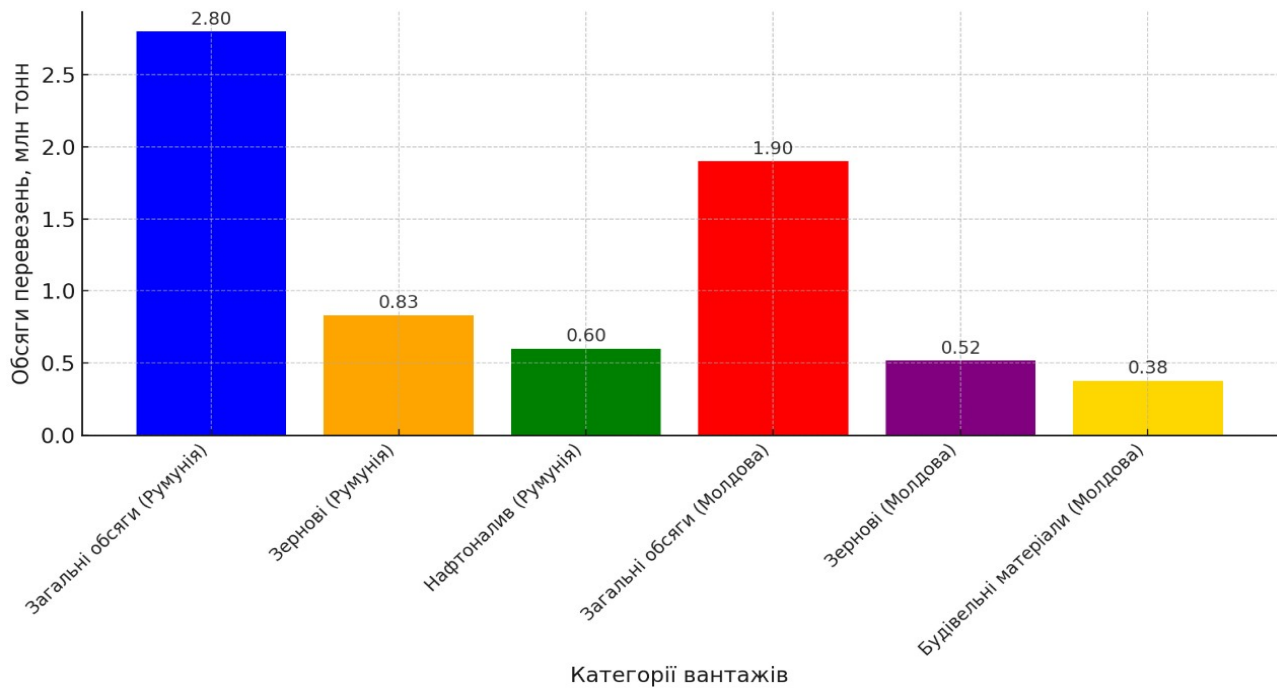


Рисунок 1 – Діаграма, що демонструє обсяги перетину кордону вантажами через румунські та молдовські переходи за 2024 рік

Аналіз статистичних даних щодо перевалки вантажів через українсько-угорські прикордонні переходи свідчить про тенденцію до зменшення їх обсягів.

Через перехід Чоп – Захонь було передано 589 вагонів із середньодобовою передачею 54 вагони, з яких 541 вагон – це зернові вантажі (49 вагонів на добу). За місяць загальний обсяг перевезень зріс на 8 вагонів. Через перехід Батьово – Еперешке загалом передано 792 вагони (за добу – 72), з них 55 вагонів із зерновими вантажами (5 вагонів на добу). Водночас спостерігається незначне зменшення перевалки зернових – на 2 вагони за місяць (рис.2).

На сьогоднішній день через перехід Чоп – Захонь не проходить жодного вагону з території України. Через перехід Батьово – Еперешке було перевезено 458 вагонів, 212 із них залізничною сировиною (ЗРС), 48 із металами, 28 із зерновими і 47 із контейнерами.

Наведені дані вказують на дисбаланс у функціонуванні переходів та підкреслюють потенціал для оптимізації логістичних процесів, зокрема щодо перевезення зернових вантажів.

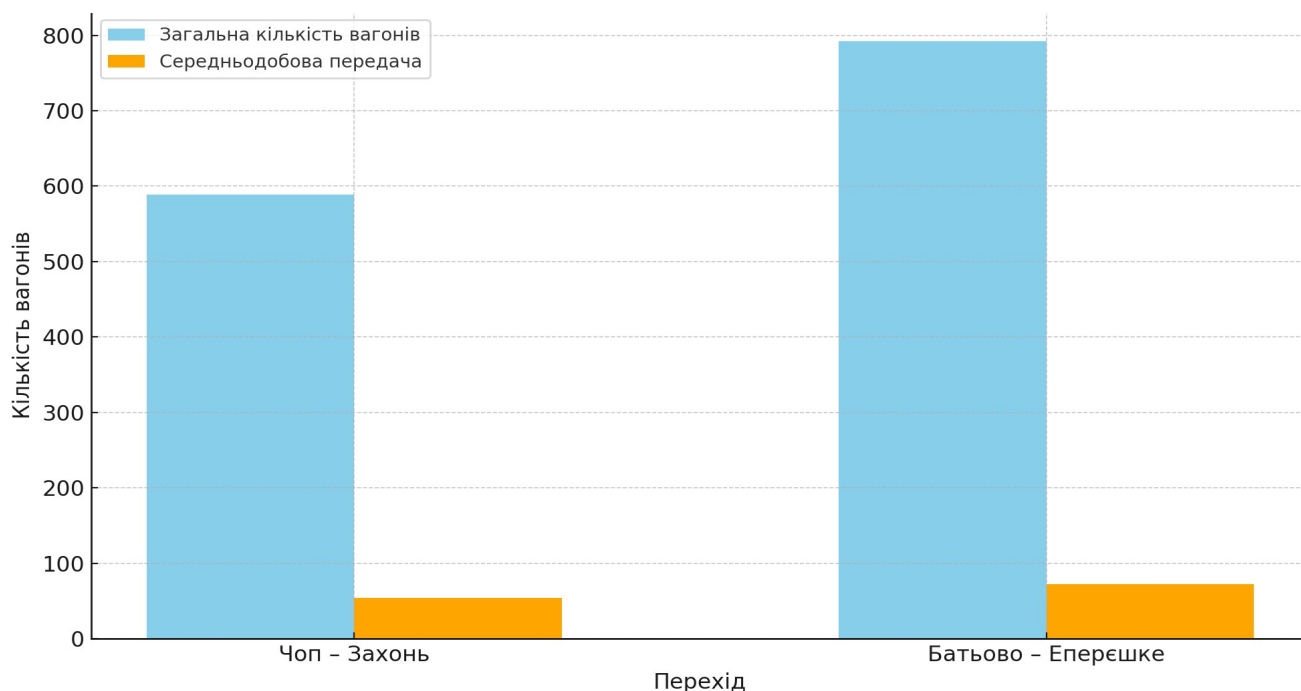


Рисунок 2 - Діаграма розподілу обсягів вантажів перевезених через українсько-угорські прикордонні переходи за 2024 рік

Показники вантажоперевезень через словацькі прикордонні переходи за 10 місяців 2024 року свідчать про зниження обсягів, хоча черги на кордоні залишаються (рис.3). Загальний обсяг перевезень – 9,2 млн тонн, що на 13% менше, ніж у минулому році. Найбільш розповсюджені види вантажів, що перевезені через кордон: руда – 7,2 млн тонн (-14%) зернові вантажі – 727,2 тис. тонн (-35%), чорний метал (чормет) – 126,2 тис. тонн (-30%). Перехід Чоп – Чірна-над-Тисою демонструє загальний обсяг – 5,1 млн тонн (-12%), середньодобова передача – 275 вагонів (+11 за місяць). Перевезення за видами вантажів: руда – 154 вагони/добу, зернові – 38 вагонів/добу. Очікування обробки чекали 646 вагонів (467 із рудою, 54 з металургійною продукцією, 22 із зерном, 45 контейнерів).

Перехід Ужгород – Матевце: загальний обсяг: 3,5 млн тонн (-14%), середньодобова передача: 101 вагон (-64 за місяць). Перевезення: руда: 95

вагонів/доба (↓ з 154). В очікуванні обробки залишається 227 вагонів (226 із рудою) [1].

Робота прикордонних переходів демонструє зниження обсягів перевезень, зумовлене конвенціями, логістичними обмеженнями та змінами попиту. У подальшому необхідна координація між логістичними хабами, куди надходять контейнери від вантажовідправників, прикордонними переходами для оптимізації руху вантажів для усунення затримок. Відомо, що одним із варіантів оптимізації руху вантажів, зокрема залізницею, є використання контейнерів. Обсяги транспортування вантажів у контейнерах збільшуються з кожним роком у всьому світі. Тому, в даній статті пропонується модель прогнозування надходження вантажів до логістичних хабів саме у контейнерах. Першочерговою задачею постає дослідження надходження контейнеропотоків від вантажовідправників до логістичних хабів.

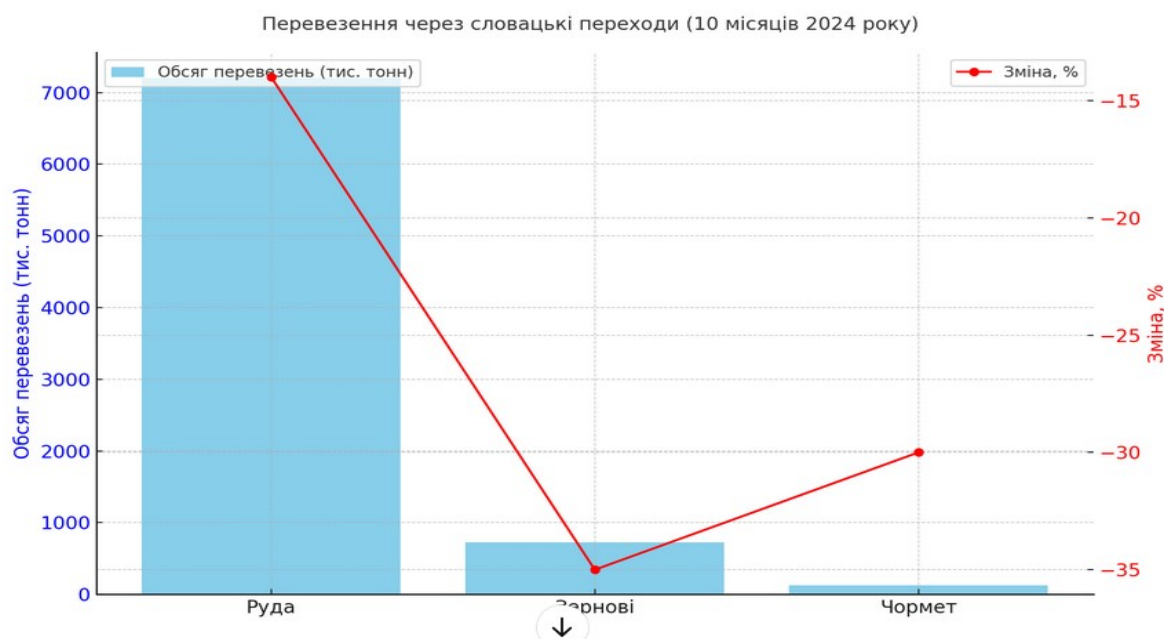


Рисунок 3- Обсяги перевезень вантажів через словацькі прикордонні переходи за 2024 рік, (тис.тонн)

Як показують дослідження [7, 10], основною характеристикою контейнеропотоків є функції інтенсивності. Таким чином для забезпечення можливості прийняття рішень на майбутній плановий період необхідна наявність прогнозу інтенсивностей потоків надходження контейнерів до логістичних хабів. Здійснення прогнозу потребує наявності даних за певний період у минулому. Для побудови прогнозної моделі надходження контейнеропотоків до логістичних хабів використовувались статистичні дані одного з найбільшого хабу Європи.

Надходження контейнерів до логістичного хабу від вантажовідправників розглядається у вигляді часових рядів так як контейнеропотоки, представлені у вигляді нестационарних випадкових потоків, інтенсивність потоку яких може представляти собою часову залежність. Часові ряди – зібраний в певні

моменти часу статистичний матеріал що містить значення одного чи декількох параметрів. Аналізуючи різні моделі прогнозування часових рядів, виявилось, що існує доволі значна їх кількість, які наведено на рисунку 1.

Для прогнозування часових рядів з найефективніших сучасних нейронних структур розглядаються рекурентні нейронні мережі (RNN), зокрема модулі *довготривалої короткострокової пам'яті (LSTM, англ. Long Short- Term Memory)*. LSTM використовується для завдань, де важливо не втратити дані на тривалих інтервалах часу, таких як: фінансове прогнозування, аналіз кліматичних даних, обробка мовлення, системи прогнозування попиту (рис.4). Цей підхід дозволяє забезпечити точніше прогнозування завдяки здатності збереження та використання даних [9].



Рисунок 4 - Класифікація основних типів моделей для прогнозування часових рядів

Запропонована модель була реалізована у середовищі Matlab, яка дозволяє спрогнозувати інтенсивності надходження контейнеропотоків.

Архітектура цієї моделі показана на рис. 5. Мережа LSTM містить 40 комірок у шарі довгої короткочасної пам'яті (LSTM), 80 нейронів у повнозв'язаному шарі та 20 нейронів у декодуючому шарі.

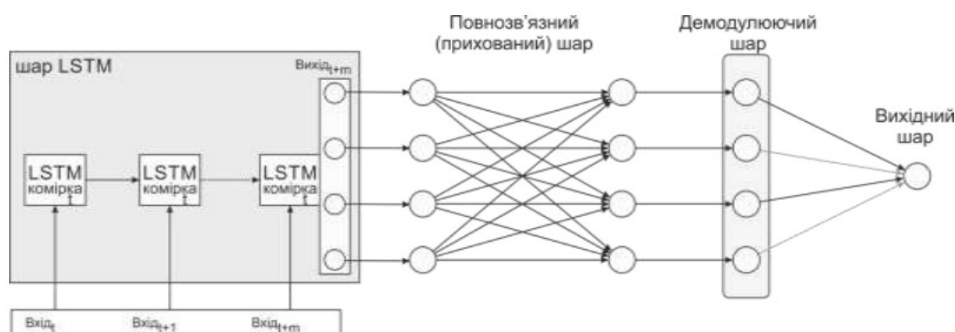


Рисунок 5 – Структура моделі на базі рекурентної нейронної мережі для передбачення прибуття контейнерів до логістичних хабів

Було проаналізовано дані надходження контейнерів до логістичного хабу за 2023 рік, які в подальшому було використано для навчання нейронної мережі. На рисунку 6 наведено фрагмент цієї послідовності, який відображає фактичну інтенсивність прибуття контейнерів, порівняно з результатом прогнозу, отриманим за допомогою побудованої нейронної мережі. Аналіз результатів

моделі прогнозування оцінено за методом середньої абсолютної відсоткової похибки (MAPE). Відомо, що вищезазначений метод оцінки, що базується на аналізі сегментів площин, усуває обмеження застосування MAPE, пов'язане із неможливістю використання його у випадку наявності нульових значень у ряді даних. За результатами розрахунків, цей показник не перевищує 6%.

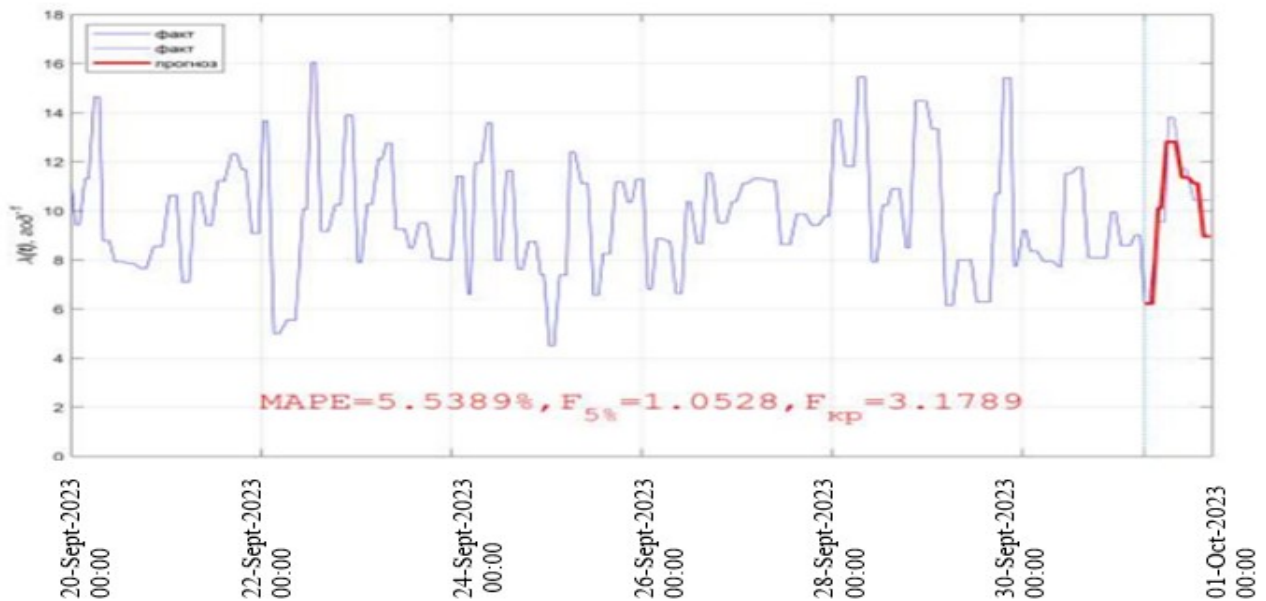


Рисунок 6- Відображення порівняння результату прогнозування інтенсивності надходження контейнерів до логістичного хабу з реальними даними

Ураховуючи той факт, що характер прогнозової залежності дуже близько відповідає залежності, що відповідає фактичним даним, можна констатувати високий рівень точності розробленої прогнозової моделі. Результати прогнозування та представлені дисперсії відповідних вибірок даних, які використовуються для розрахунку критерію Фішера наведено у таблиці 1.

Наведений вище метод представлення функції інтенсивності, застосований для аналізу фактичних і прогнозних даних, є ефективним для моделювання параметрів розріджених потоків та виявлення часових залежностей між подіями. Однак цей підхід не дозволяє безпосередньо зіставити дані часового ряду з рівномірно розподіленими точками на часовій осі. З іншого боку, при управлінні процесом накопичення контейнерів важливішим є не сам

характер функції інтенсивності потоку, а її інтегральна функція. У цьому контексті точнішим підходом буде порівняння площ під графіками прогнозованої та фактичної інтенсивностей у відповідних часових інтервалах.

В дослідженні розглядалися прогнозні функції інтенсивності потоків надходження контейнерів до логістичного хабу різної кратності, а саме 1, 2, 3 за добу. Для адекватного та зручного представлення залежностей було використано функцію модулю, що дасть змогу автоматизувати та уніфікувати процес їх обчислення. Дані функції інтенсивності є інтегрованими на всій області визначення.

Таблиця 1- Кількість реальних подій та на основі прогнозу, абсолютна та відносна різниця між ними

Інтервал	Прогнозні дані	Фактичні дані	Абсолютна різниця	Відносна різниця, %
1	10,3274	10,5961	-0,2687	-2,5357
2	12,6187	13,6148	-0,9961	-7,31606
3	17,3417	15,8482	1,4963	9,423484
4	20,8968	20,2424	0,6544	3,23257
5	21,1476	22,4480	-1,3004	-5,79306
6	19,4234	20,0724	-0,6490	-3,23342
7	18,8135	19,0663	-0,2529	-1,32626
8	18,5022	17,5311	0,9711	5,539139
9	16,8367	17,3224	-0,4857	-2,80399
10	14,8651	17,3224	-2,4573	-14,1855
σ^2	12,4629	11,8376	1,33701	45,4063

$F_{5\%}$	1,0528
$F_{кр}$	3,1789
MAPE	5,5389 %

З урахуванням представлення потоку контейнерів з різними кратностями, залежність ймовірності накопичення мінімальної кількості

контейнерів від кількості контейнерів та тривалості часового проміжку можна представити як [7,8]

$$p(N([t_0, \tau]) \geq n) = 1 - \exp\left(-\int_{t_0}^{\tau} \lambda_{\Sigma}(t) dt\right) \sum_{i=1}^{x(s,k)} \prod_{j=1, \Sigma q_{ij} < k, q_{ij} \in \Gamma}^s \sum_{r=0}^{k_j-1} \frac{\left(k_j \int_{t_0}^{\tau} \lambda_j(t) dt\right)^{k_j((k_j-1)q_{ij}+1+r)}}{((k_j-1)q_{ij}+1+r)!}, \quad (1)$$

де n – кількість контейнерів, які надійдуть до логістичного хабу; $[t_0, \tau]$ – границі планового періоду відповідно – моменти початку і завершення; $\lambda_j(t)$ – інтенсивність потоку контейнерів кратності j , як функція від часу; q_{ij} – кількість подій потоку кратності j на часовому інтервалі $[t_0, \tau]$ у i -му варіанті реалізації розвитку подій; s – максимальна кратність потоку, яка розглядається на логістичному хабі; $x(s, k)$ – множина можливих варіантів розвитку подій за заданих параметрів s та k , коли під випадком розуміється одна з можливих реалізацій потоку, що характеризується множиною $q_{i1}, q_{i2}, q_{i3} \dots q_{ij}$; потоку, яка розглядається на даному логістичному хабі; $\int_{t_0}^{\tau} \lambda_{\Sigma}(t) dt = \lambda(t)$ – «ведуча

функція потоку» [7,8], тобто кумулятивна сумарна інтенсивність потоків всіх кратностей як функція від часу.

Рішенням даної задачі є продемонстрована на рисунку 7 залежність ймовірності накопичення щонайменше n контейнерів від кількості контейнерів та тривалості часового інтервалу на логістичних хабах

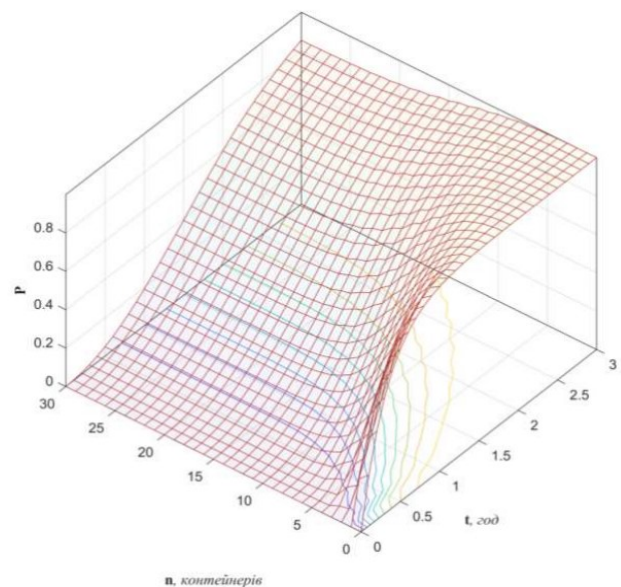


Рисунок 7 – Прогнозований результат накопичення n контейнерів на логістичному хабі залежно від часового інтервалу та ймовірності надходження контейнерів від вантажовідправників

Запропонований метод прогнозування надходження вантажів у контейнерах до логістичних хабів з урахуванням організації роботи прикордонних переходів надасть змогу чіткої координації роботи всіх учасників процесу в умовах міжнародних перевезень при взаємодії різних видів транспорту. Це призведе до зменшення непродуктивних простоїв, що можуть виникати під час транспортування вантажу, зокрема залізницею, зменшенню ризиків виникнення непередбачених ситуацій за рахунок можливості чіткого планування перевезень тим самим зменшення додаткових витрат.

Висновки.

В даній статті проаналізовано роботу прикордонних переходів в сучасних умовах. Черги

на переходах і тривалий час очікування повного завантаження складів вказують на недостатню ефективність координації перевезень. В якості вирішення проблеми було запропоновано впровадження прогнозованої моделі надходження вантажів у контейнерах до логістичного хабу, яку в подальшому можливо впровадити в інформаційно-керуючі системи, що діють на сьогодні. Дана модель забезпечить накопичення потрібної кількості контейнерів на логістичному хабі для подальшого транспортування залізницею через прикордонний пункт. Це призведе до зменшення непродуктивних простой, що можуть виникати під час транспортування вантажу, зокрема залізницею, зменшення ризиків виникнення непередбачених ситуацій за рахунок можливості чіткого планування перевезень тим самим зменшення додаткових витрат та уникнення черг на прикордонних переходах.

Список використаних джерел

1. Накопичення парку в очікуванні передачі через прикордонні переходи. [Електронний ресурс].-Режим доступу: <https://ukrvantage.com/>
2. Stefan Huber, Daniela Luft, Jens Klauenberg, Carina Kehrt. Integration of Transport Logistics Hubs in Freight Transport Demand Modelling. European Transport Research Review 7(4). 2014. P.1-21.
3. Alla Grechan, Artem Bezuglyi, Olena Parfentieva and other. Fulfillment of sustainable development goals by the example of the transport and logistics sector. Financial and credit activity: problems of theory and practice Volume 4 (45), 2022.P.191-201.
4. José Holguín-Veras, Ellen Thorson. Trip Length Distributions in Commodity-Based and Trip-Based Freight Demand Modeling: Investigation of Relationships. Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board 1707(1).2000.P. 37-48.
5. Примаченко Г. Основи організації логістики у мультимодальних транспортних системах за участю залізничного транспорту [Електронний ресурс]. URL: <https://ukrtsa.org.ua/wp-content/uploads/2024/04/transport2-76-107.pdf> (дата звернення 15.11.2024)
6. Запара В.М., Запара Я.В. Гергель І.Г. Удосконалення технології роботи залізничного вузла шляхом застосування сучасних логістичних підходів. URL: https://www.researchgate.net/publication/329761982_UDOS_KONALENNA_TEHNOLOGII_ROBOTI_ZALIZNICNOG_O_VUZLA_SLAHOM_ZASTOSUVANNA_SUCASNIH_LOGISTICNIH_PIDHODIV
7. Колісник А. В. Формування автоматизованої технології транспортування контейнерів залізницею на основі теорії випадкових потоків: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 01.10.20. Харків. 2020. 195 с.
8. LONG SHORT-TERM MEMORY. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.bioinf.jku.at/publications/older/2604.pdf>
9. Прогнозування та аналіз часових рядів. [Електронний ресурс]. URL: <https://ir.stu.cn.ua/jspui/bitstream/123456789/16992/1/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B3%D0%BD%D0%BE%D0%B7%D1%83%D0%B2.%20%D1%82%D0%B0%20%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B7%20%D1%87%D0%B0%D1%81%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%85%20%D1%80%D1%8F%D0%B4%D1%96%D0%B2.pdf>
10. Kutsenko M., Kolisnyk A., Kameniev O., Shchablykina O., Yaruta A. Research of process of receipt of container flows at railway terminal stations in the conditions of intermodal transportations. AIP Publishing. [Електронний ресурс]. URL: <https://pubs.aip.org/aip/acp/article-abstract/2684/1/020006/2893741/Research-of-process-of-receipt-of-container-flows?redirectedFrom=fulltext>

Berestov I.V., PhD (Tech.), Associate Professor
Kolisnyk A. V., PhD (Tech.), Associate Professor,
Pestremenko-Skrypka O. S. PhD (Tech.), Associate Professor
Shpek T. V. PhD student, Myktyas O.-M.S. PhD student, Ukrainian State University of Railway Transport, department of railway stations and units.
Analysis of modern approaches to logistics process management based on forecasting the flow of container flows to logistics hubs.
To improve the technology of container handling at container terminals or logistics hubs in Ukraine, delays in cargo at border crossings for rail transport were analyzed, and the most common types of cargo crossing the border were identified. Queues at border crossings and long waits for full loading of warehouses indicate a lack of efficiency in transportation coordination. The study pays special attention to the participation of rail transport as an integral part of freight transportation in logistics hubs. The railroad remains one of the most cost-effective and environmentally friendly modes of transportation, which makes it strategically important for the development of logistics centers. Interaction between rail transport and other modes of transportation based on logistics hubs will allow the use of more efficient technologies for the transportation of goods over different distances, reducing costs and delivery time. As a solution to the problem, it was proposed to introduce a predictive model of the arrival of cargo in containers to the logistics hub, which can be further implemented in the information management systems that are in place today. This model will ensure the accumulation of the required number of containers at the logistics hub for further transportation by rail through the border crossing. This will lead to a reduction in unproductive downtime that can occur during cargo transportation, in particular by rail, a reduction in the risk of unforeseen situations due to the possibility of clear planning of transportation, thereby reducing additional costs and avoiding queues at border crossings. The proposed method of forecasting the arrival of cargo in containers to logistics hubs, taking into account the organization of border crossings, will allow

for clear coordination of the work of all participants in the process in the conditions of international transportation in the interaction of different modes of transport.

Key words: container transportation, risks, neural network, LSTM cells, flow intensity, logistics hub.

Берестов Ігор В'ячеславович - кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри залізничних станцій та вузлів Українського державного університету залізничного транспорту. ORCID ID [0000-0002-1209-6885], e-mail berestov@kart.edu.ua

Berestov Igor, PhD (Tech.), Associate Professor, department of railway stations and units, Ukrainian State University of Railway Transport. ORCID ID [0000-0002-1209-6885], e-mail berestov@kart.edu.ua

Колісник Аліна Володимирівна - кандидат технічних наук, доцент кафедри залізничних станцій та вузлів Українського державного університету залізничного транспорту. ORCID ID [0000-0001-5038-0230], tel. 093-734-41-20, e-mail kolisnuk@kart.edu.ua

Kolisnyk Alina, PhD (Tech.), Associate Professor, department of railway stations and units, Ukrainian State University of Railway Transport ORCID ID [0000-0001-5038-0230], tel. 093-734-41-20, e-mail kolisnuk@kart.edu.ua

Пестременко-Скрипка Оксана Сергіївна - кандидат технічних наук, доцент кафедри залізничних станцій та вузлів Українського державного університету залізничного транспорту ORCID ID [0000-0001-5335-5399], e-mail pestremenko@kart.edu.ua

Pestremenko-Skrypka Oksana, PhD (Tech.), Senior Lecturer, department of railway stations and units, Ukrainian State University of Railway Transport, ORCID ID [0000-0001-5335-5399], e-mail pestremenko@kart.edu.ua

Шпек Тарас Володимирович, аспірант кафедри залізничних станцій та вузлів.

Taras Shpek PhD student at the Department of Railway Stations and units.

Микитась Олександр-Михайло Сергійович, аспірант кафедри управління експлуатаційною роботою.

Mykytas Oleksandr-Mykhailo Sergiyovych Postgraduate student of the Department of Operations Management.