

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра управління вантажною і комерційною роботою

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕДУРИ ВИЗНАЧЕННЯ ЗАВАНТАЖЕНОСТІ
ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ШЛЯХОМ ПРОГНОЗУВАННЯ ОБСЯГІВ
ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ

Пояснювальна записка і розрахунки
до кваліфікаційної роботи

УПВ33.300.00.00.000 ПЗ

Розробив студент групи 213-ОПУТ-Д23
спеціальності 275 / 275.02 (роботу виконано
самостійно, відповідно до принципів
академічної доброчесності)


(підпис) Віктор ЗЕЛЕНСЬКИЙ

Керівник: доцент, канд. техн. наук
Ганна БОГОМАЗОВА

Рецензент: доцент, канд. техн. наук
Тетяна ГОЛОВКО

АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 11 слайдів презентації, 83 аркушів пояснювальної записки формату А4, у тому числі 1 додаток на 4 аркушах, 16 рисунків, 4 таблиці, 41 літературних джерел.

Ключові слова: ПРОГНОЗУВАННЯ ОБСЯГІВ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ, ЗАВАНТАЖЕНІСТЬ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ, НЕЙРОННА МЕРЕЖА.

Об'єктом дослідження є процес прогнозування обсягів вантажоперевезень.

Предметом дослідження є процедура визначення прогнозних значень перевезення вантажів для підвищення ефективності використання залізничної інфраструктури.

Метою роботи є удосконалення процедури визначення завантаженості залізничної інфраструктури за рахунок прогнозування обсягів перевезення вантажів.

У роботі формалізовано нейромережеву модель прогнозування обсягів перевезення вантажів, що надає можливість більш точно визначити завантаженість залізничної інфраструктури на прогнозний період та необхідну кількість вагонів певного типу, що будуть відповідати умовам перевезення. Якість та надійність прогнозної нейромережевої моделі визначено через відносну точність прогнозу, яке склало 5,56 %. Такий показник свідчить про високу точність прогнозування і є достатнім для прийняття управлінських рішень на залізничному транспорті.

Оперативне планування поїзної роботи на залізничній мережі по альтернативному напрямку просування вагонопотоку з урахуванням прогнозних значень обсягів перевезення вантажів забезпечує рівномірність завантаження станцій та дільниць на шляху прямування й ефективне використання інфраструктури залізничного транспорту.

ABSTRACT

This qualification work includes 11 presentation slides, 83 pages of an explanatory note in A4 format, including 1 appendix on 4 sheets, featuring 16 figures, 4 tables, and 41 literature references.

Keywords: FORECASTING VOLUMES OF CARGO TRANSPORTATION, LOADING OF RAILWAY INFRASTRUCTURE, NEURAL NETWORK.

The object of the research is the process of forecasting the volume of cargo transportation.

The subject of the study is the procedure for determining the forecast values of cargo transportation to increase the efficiency of the use of railway infrastructure.

The purpose of the work is to improve the procedure for determining the workload of the railway infrastructure by forecasting the volume of cargo transportation.

The paper formalized a neural network model for forecasting the volume of cargo transportation, which makes it possible to more accurately determine the

workload of the railway infrastructure for the forecast period and the required number of wagons of a certain type that will meet the conditions of transportation. The quality and reliability of the predictive neural network model is determined by the mean absolute percentage error, which was 5.56%. Such an indicator shows the high accuracy of forecasting and is sufficient for making management decisions in railway transport.

Operational planning of train work on the railway network along an alternative direction of carriage flow, taking into account the forecast values of the volume of cargo transportation, ensures the uniformity of the loading of stations and sections on the route and the effective use of the infrastructure of railway transport.

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет управління процесами перевезень

Кафедра управління вантажною і комерційною роботою

Освітній рівень: магістр

Спеціальність 275 Транспортні технології

275.02 Транспортні технології (на залізничному транспорті)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

доцент, канд. техн. наук

Антон КОВАЛЬОВ

«30» вересня 2024 р.



ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Зеленському Віктору Володимировичу

- 1 Тема «Удосконалення процедури визначення завантаженості залізничної інфраструктури шляхом прогнозування обсягів перевезення вантажів»
керівник Богомазова Ганна Євгенівна, канд. техн. наук, доцент
затверджені розпорядженням по факультету Управління процесами перевезень від 30 вересня 2024 року № 12/24
- 2 Строк подання студентом роботи 03 січня 2025 року
- 3 Вихідні дані. Технологія перевезення вантажів залізничним транспортом. Статистичні показники роботи залізничного транспорту. Організація перевезення вантажів.
- 4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Аналіз вантажопотоків України. Аналіз планових та фактичних обсягів перевезення вантажів залізничним транспортом. Дослідження методів прогнозування. Виявлення структури часового ряду обсягів перевезення вантажів. Формування математичної моделі прогнозування обсягів перевезення вантажів залізничним транспортом. Визначення завантаженості залізничної інфраструктури на основі прогнозних даних. Техніко-економічне обґрунтування впровадження додаткового програмного забезпечення щодо прогнозування даних, що інтегрується до Єдиної автоматизованої системи керування вантажними перевезеннями Укрзалізниці.
- 5 Перелік графічного матеріалу. Мета і задачі дослідження. Об'єкт, предмет дослідження, наукова новизна. Обсяги перевезення зерна та залізної руди план/факт. Нейронна мережа для прогнозування обсягів перевезення вантажів. Результат прогнозування. Перевірка на адекватність запропонованої нейронної мережі для прогнозування обсягів перевезення вантажів. Математична модель

технології управління вагонопотоками. Графічна інтерпретація впорядкованої множини варіантів переміщення вагонів на напрямку для визначення завантаженості залізничної інфраструктури. Економічний ефект від впровадження нейронної моделі прогнозування обсягів перевезення вантажів до АСК ВП УЗ – Є. Загальні висновки.

6 Консультанти окремих розділів

Розділ	Прізвище, ініціали, посада та науковий ступінь консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Техніко-економічне обґрунтування впровадження додаткового програмного забезпечення щодо прогнозування даних до АСК ВП УЗ-Є	Наталія ГРИЦЕНКО, доцент, канд. екон. наук		

7 Дата видачі завдання 30 вересня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

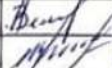
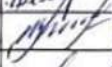
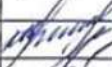

Назва етапів	Строк виконання етапів	Примітка
1 Аналіз існуючого стану вантажоперевезень України	18.10.2024	<i>визначено</i>
2 Дослідження методів прогнозування	08.11.2024	<i>визначено</i>
3 Формування моделі прогнозування обсягів перевезення вантажів залізничним транспортом	29.11.2024	<i>визначено</i>
4 Техніко-економічне обґрунтування впровадження додаткового програмного забезпечення щодо прогнозування даних до АСК ВП УЗ-Є	20.12.2024	<i>визначено</i>
Оформлення роботи	03.01.2025	<i>визначено</i>

Студент  Віктор ЗЕЛЕНСЬКИЙ

Керівник  Ганна БОГОМАЗОВА

Зміст

Вступ	7
1 Аналіз існуючого стану вантажоперевезень України	11
1.1 Аналіз вантажопотоків України	11
1.2 Аналіз теоретичних досліджень в сфері удосконалення процесів перевезення вантажів	15
2 Дослідження методів прогнозування	21
2.1 Визначення задач прогнозування	21
2.2 Оцінка якості прогнозних моделей	28
3 Формування моделі прогнозування обсягів перевезення вантажів залізничним транспортом	41
3.1 Виявлення структури часового ряду обсягів перевезення вантажів залізницею України	41
3.2 Розробка моделі прогнозування обсягів перевезення вантажів та перевірка результатів прогнозування на точність	44
3.3 Удосконалення процедури визначення завантаженості залізничної інфраструктури	53
4 Техніко-економічне обґрунтування впровадження додаткового програмного забезпечення щодо прогнозування даних до АСК ВП УЗ-Є	60
Висновки	73
Список використаних джерел	75
Додаток А. Результати розрахунків визначення необхідної кількості рухомого складу у залежності від прогнозних обсягів перевезення вантажів	80

УПВ33.300.00.00.000 ПЗ					
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лім.
Розроб.		Зеленський		03.01.25	Арк.
Перевір.		Богомазова		03.01.25	Аркушів
Н. контр.		Богомазова		03.01.25	4 83
Затв.		Ковальов		03.01.25	УкрДУЗТ 6

Удосконалення процедури визначення завантаженості залізничної інфраструктури шляхом прогнозування обсягів перевезення вантажів

Вступ

Актуальність теми. Ефективне функціонування залізничного транспорту є важливим фактором стабільного розвитку економіки будь-якої країни. Залізнична інфраструктура забезпечує перевезення великих обсягів вантажів, що є основою для підтримання логістичних процесів промислових підприємств, аграрного сектора та міжнародної торгівлі. Однак через зростання попиту на перевезення вантажів та нерівномірне навантаження на залізничну мережу часто виникають проблеми з пропускнуою спроможністю магістралей. Це призводить до затримок доставки, підвищення витрат на логістику та зниження конкурентоспроможності залізничного транспорту.

Посилення конкуренції між видами транспорту і зношеність основних фондів залізничного транспорту в подальшому можуть призвести до втрати залізницями частини ринку перевезень. Визначення перспективних обсягів перевезення вантажів залізничним транспортом дозволить вибрати оптимальну модель поведінки транспортної системи.

Удосконалення процедури визначення завантаженості залізничної інфраструктури є важливим кроком у підвищенні ефективності роботи транспортної системи. Традиційні методи планування завантаження часто не враховують можливі коливання попиту на перевезення вантажів, сезонні фактори та зміни в економічній ситуації. Тому сучасні підходи до прогнозування обсягів перевезень на основі аналізу великих даних та математичного моделювання стають дедалі актуальнішими.

Прогнозування обсягів перевезення вантажів дозволяє заздалегідь планувати розподіл ресурсів, уникати перевантаження окремих ділянок залізничної мережі та запобігати затримкам у логістичних ланцюгах. Це також сприяє оптимізації графіків руху поїздів, забезпеченню безпеки перевезень та скороченню експлуатаційних витрат. Прогнозування обсягів перевезень дозволяє забезпечити своєчасну модернізацію залізничної інфраструктури та

підтримувати її на належному рівні, що є критично важливим для розвитку експортно-імпортних операцій.

Таким чином, удосконалення процедури визначення завантаженості залізничної інфраструктури шляхом прогнозування обсягів перевезення вантажів є актуальним завданням, що сприятиме підвищенню ефективності транспортної системи, забезпеченню стабільності логістичних процесів та розвитку економіки в цілому.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Кваліфікаційна робота виконувалась відповідно до Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року (Розпорядження Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 р. № 430-р), Угоди про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони (Угоду ратифіковано із заявою Законом від 16.09.2014 р. № 1678-VII), Програми розвитку залізничних станцій та переходів, що межують з країнами ЄС та Молдовою на 2022–2025 рр., Політики управління ризиками та можливостями акціонерного товариства «Українська залізниця» (схвалено АТ «Укрзалізниця» № Ц-82/17 Ком.т. від 18.03.2024).

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є удосконалення процедури визначення завантаженості залізничної інфраструктури за рахунок прогнозування обсягів перевезення вантажів.

Реалізація цієї мети потребує постановки та вирішення таких задач дослідження:

- провести статистичний аналіз часового ряду обсягів перевезення вантажів залізницями України;
- розробити модель прогнозування обсягів перевезення вантажів та перевірити результати прогнозування на точність;
- запропонувати математичну модель, що вирішує оптимізаційну задачу організації вагонопотоків;

– визначити економічну доцільність від впровадження додаткового програмного забезпечення щодо прогнозування даних до АСК ВП УЗ-Є.

Об'єктом дослідження є процес прогнозування обсягів вантажоперевезень.

Предметом дослідження є процедура визначення прогнозних значень перевезення вантажів для підвищення ефективності використання залізничної інфраструктури.

Методи дослідження. Виконані дослідження базуються на використанні: методів математичної статистики для проведення аналізу основних експлуатаційних показників роботи залізничного транспорту; одномірному спектральному аналізі Фур'є для визначення сезонних і циклічних коливань; методах побудови штучних нейронних мереж для реалізації задачі прогнозування обсягів перевезення вантажів та завантаженість залізничної інфраструктури на визначених напрямках; методах оптимізації для вирішення оптимального маршруту слідування вагонопотоків.

Наукова новизна. У роботі формалізовано нейромережеву модель прогнозування обсягів перевезення вантажів, що надає можливість більш точно визначити завантаженість залізничної інфраструктури на прогнозний період та необхідну кількість вагонів певного типу, що будуть відповідати умовам перевезення.

Практичне значення одержаних результатів. Практичні результати роботи полягають у розробці процедури визначення залізничної інфраструктури на основі прогнозних даних про обсяги перевезення вантажів.

Така процедура сприяє раціональному розподілу вантажних ресурсів за напрямками перевезення і зменшує простій поїздів на станціях і на перегонах в очікуванні звільнення залізничної інфраструктури. Для диспетчерського персоналу запропоновані методи надають можливість в автоматизованому режимі приймати обґрунтовані рішення щодо направлення або зміни маршруту прямування вагонопотоків.

Апробація результатів роботи. Основні положення роботи доповідались, обговорювались та схвалені на 5-й Міжнародній науково-технічній конференції

«Інтелектуальні транспортні технології», що проходила в Українському державному університеті залізничного транспорту 25 – 27 листопада 2024 р. (м. Харків). Опубліковано тези доповіді, отримано сертифікат учасника. А також на 84 студентській науково-технічній конференції, що проходила в Українському державному університеті залізничного транспорту 11-12 грудня 2024 р. (м. Харків). Опубліковано тези доповіді.

Висновки

Завдяки прогнозуванню обсягів перевезення на наступний період в роботі вдалося знайти оптимальну технологію перевезення вантажів із визначення завантаженості залізничної інфраструктури. Під оптимальною технологією організації вагонопотоків розуміється вибір маршруту прямування поїзда по найкоротшій відстані без затримок і з мінімальними експлуатаційними витратами на перевезення вантажу.

1. В роботі проведено аналіз часових рядів, який допоміг визначити природу ряду для різних видів вантажу. Виявлено нестационарність системи. В структурі часового ряду обсягів перевезення зерна та продуктів перемолу чітко прослідковується сезонна компонента. Коефіцієнт нерівномірності склав 1,7. Для будівельних вантажів нерівномірність майже відсутня. Коефіцієнт нерівномірності для цього випадку склав 1,1. Тому, при розрахунку плану перевезення вантажів та оперативному управлінні вагонопотоками слід враховувати нерівномірність перевезення кожного вантажу.

2. З урахуванням особливостей вхідної інформації сформовано нейромережеву модель прогнозування обсягів перевезення. Даний спосіб прогнозування володіє високими властивостями адаптації до змінних вхідних даних за рахунок самонавчання. Величина точності прогнозування перевезень визначена через значення MAPE, яка склала 5,56 %. Враховуючи, що залізничний транспорт є досить інертною системою, такий показник є достатнім для прийняття управлінських рішень.

3. Формалізовано технологію організації вагонопотоків. Для знаходження раціонального варіанту переміщення вагонів запропоновано враховувати параметр нерівномірності перевезень або сезонність. За оптимальність приймаємо мінімізацію експлуатаційних витрат на перевезення вантажу. На основі отриманих даних про обсяги перевезень і використовуючи оптимізаційну модель було отримано рішення задачі оптимального плану розподілу вагонів на розрахунковому залізничному полігоні. Процедура розподілу вагонів є

достатньо універсальна та дозволяє в реальному масштабі часу корегувати план формування поїздів. Запропонована модель може бути інтегрована до автоматизованого робочого місця диспетчера, що має додатковий блок прогнозування обсягів перевезення вантажів для прийняття раціональних управлінських рішень, і підключене до АСК ВП УЗ – Є .

4. Завдяки впровадженню прогнозного блоку обсягів перевезення до АСК ВП УЗ – Є на основі нейронної мережі сумарний приріст економічного ефекту з урахуванням приведення грошових потоків до першого року розрахункового періоду склав 24189,19 тис. грн. Строк окупності одночасних витрат настає з першого року впровадження блоку прогнозування до АСК ВП УЗ – Є.

Список використаних джерел

- 1 Вантажні перевезення. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2016/tr/vp/vp_u/vp1216_u.htm.
- 2 Державна служба статистики України. Київ, 1998–2023. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
- 3 Офіційний сайт АТ «Укрзалізниця». Київ, 2012. URL: http://www.uz.gov.ua/cargo_transportation/general_information/indicators_of_transi.
- 4 Продацук С. М., Богомазова Г.Є. Нова концепція тарифної політики для внутрішніх залізничних вантажних перевезень. *Зб. наук. праць Українського державного університету залізничного транспорту*. 2016. Вип. 164. С. 160–168.
- 5 Чучуева И. А. Прогнозирование временных рядов при помощи модели экстраполяции по выборке максимального подобия. *Наука и современность*. 2010. Вып. № 1–2. С. 187–192.
- 6 Pradhan R., Kumar R. Forecasting Exchange Rate in India: An Application of Artificial Neural Network Model. *Journal of Mathematics Research*. 2010. Vol. 2, No. 4. P. 111–117.
- 7 Панченко С. В., Бутько Т. В., Прохорченко А. В., Пархоменко Л. А. Формирование автоматизированной системы расчета пропускной способности железнодорожных сетей для продвижения грузопотоков предприятий горно-металлургического комплекса. *Науковий вісник Національного гірничого університету*. 2016. № 2. С. 93–99.
- 8 Копитко В. І., Дацків Ю. О. Прогнозування обсягів вантажних перевезень залізниць в регіонах. *Науковий вісник НЛТУ України: зб. наук.-тех. пр.* 2011. Вип. 21.10. С. 139–144.
- 9 Gheyas I. A, Smith L. Neural Network Approach to Time – Series Forecasting. *Proceedings of the World Congress on Engineering*. 2009. Vol. II, July 1-3. P. 1292–1296.

10 Wang Y., Sun H., Zhu J., Zhu B. Optimization Model and Algorithm Design for Airline Fleet Planning in a Multi-airline Competitive Environment. *Mathematical Problems in Engineering*. 2015. Vol. 2015. P. 1–13.

11 Najaf P., Famili S. Application of an Intelligent Fuzzy Regression Algorithm in Road Freight Transportation Modelling. *Promet – Traffic & Transportation*. 2013. Vol. 25, No. 4. P. 311–322.

12 Morariu N., Iancu E., Vlad E. S. A Neural Network Model For Time – Series Forecasting. *Romanian Journal of Economic Forecasting*. 2009. No. 4. P. 213–223.

13 Panchenko S., Lavrukhin O., Shapatina O. Creating a qualimetric criterion for the generalized level of vehicle. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. Vol. 1, Issue 3 (85). P. 39–45.

14 Butko T., Prokhorov V., Chekhunov D. Devising a method for the automated calculation of train formation plan by employing genetic algorithms. *European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. Vol. 1, Issue 3 (85). P. 55–61.

15 Xie Mei-Quan, Xia-Miao Li, Wen-Liang Zhou, Yan-Bing Fu. Forecasting the Short-Term Passenger Flow on High-Speed Railway with Neural Networks. *Computational Intelligence and Neuroscience*. 2014. Vol. 2014. P. 1–8.

16 Tortum A., Yayla N., Gokdag M. The Modelling of Mode Choices of Intercity Freight Transportation with the Artificial Neural Networks and Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System. *Expert Systems with Applications: An International Journal*. 2009. Vol. 36, Issue 3, April. P. 6199–6217.

17 Draper N., Smith H. Applied regression analysis: third edition. New York, 1998. 736 p.

18 Время перемен. Как железная дорога пережила год и чего ждать в следующем. Главный информационно-аналитический центр. Rail Инсайдер. № 4 декабрь. Киев, 2018. 47 с.

19 Балака Є.І., Зоріна О.І., Колесникова Н.М., Писаревський І.М. Оцінка економічної доцільності інвестицій в інноваційні проекти на транспорті: навч. посібник. Харків: УкрДАЗТ, 2005. 210 с.

20 Лаврухін О.В., Богомазова Г.Є. Підвищення функціонування залізничних вантажних перевезень. *Modern methods, innovations, and experience*

of practical application in the field of technical sciences: international research and practice conference. (Radom, Republic of Poland, 27–28 december, 2017). Radom: Isdevnieciba «Baltija Publishing», 2017. P. 152–155.

21 Rose C., Smith M. D. The Multivariate Normal Distribution. *Mathematica Journal.* 1996. № 6. P. 32–37.

22 Halmos, Paul R. *Measure Theory.* Berlin, New York: Springer-Verlag, 1974. ISBN 978-0-387-90088-9.

23 Taylor S. J. *Introduction to measure and integration.* Cambridge University Press, 1973. ISBN 9780521098045.

24 Камінська Н.І. Адаптивні методи у соціально-економічному прогнозуванні. *Форум молодих економістів-кібернетиків «Моделювання економіки: проблеми, тенденції, досвід»:* VII Міжнар. наук.-метод. конф. (Тернопіль, 21–22 жовтня 2016 р.). Тернопіль, 2016. С. 83–84.

25 Mazengia, D.H. *Forecasting spot electricity market prices using time series models: thesis for the degree of master of science in electric power engineering.* Gothenburg, Chalmers University of Technology, 2008. 89 p.

26 Панченко С.В., Бутько Т.В., Прохорченко А.В., Пархоменко Л.А. Формирование автоматизированной системы расчета пропускной способности железнодорожных сетей для продвижения грузопотоков предприятий горно-металлургического комплекса. *Науковий вісник Національного гірничого університету.* 2016. № 2. С. 93–99.

27 Копитко В.І., Дацків Ю.О. Прогнозування обсягів вантажних перевезень залізниць в регіонах. *Збірник науково-технічних праць «Науковий вісник НЛТУ України».* 2011. Вип. 21.10. С. 139–144.

28 Gheyas I., Smith L. A neural network approach to time – series forecasting. *Proceedings of the World Congress on Engineering.* 2009. Vol. II, July 1-3. P. 1292–1296.

29 Wang Y., Sun H., Zhu J., Zhu B. Optimization model and algorithm design for airline fleet planning in a multi-airline competitive environment. *Mathematical Problems in Engineering.* 2015. Vol. 2015. P. 1–13.

30 Najaf P., Famili S. Application of an intelligent fuzzy regression algorithm in road freight transportation modelling. *Promet – Traffic&Transportation*. 2013. Vol. 25, No. 4. P. 311–322.

31 Morariu N., Iancu E., Vlad S. A neural network model for time – series forecasting. *Romanian Journal of Economic Forecasting*. 2009. No. 4. P. 213–223.

32 Богомазова Г.Є. Формування автоматизованої технології управління вагонопотоками на залізничних напрямках. дис. ... кандидата техн. наук: 05.22.01. Харків, 2019. 204 с.

33 Pradhan R., Kumar R. Forecasting exchange rate in india: an application of artificial neural network model. *Journal of Mathematics Research*. 2010. Vol. 2, No. 4. P. 111–117.

34 Panchenko S., Lavrukhin O., Shapatina O. Creating a qualimetric criterion for the generalized level of vehicle. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. Vol. 1, Issue 3 (85). P. 39–45.

35 Xie Mei-Quan, Li Xia-Miao, Zhou Wen-Liang, Fu Yan-Bing. Forecasting the short – term passenger flow on high-speed railway with neural networks. *Computational Intelligence and Neuroscience*. 2014. Vol. 2014. P. 1–8.

36 Tortum A., Yayla N., Gokdag M. The modelling of mode choices of intercity freight transportation with the artificial neural networks and adaptive neuro-fuzzy inference system. *Expert Systems with Applications: An International Journal*. 2009. Vol. 36, Issue 3, April. P. 6199–6217.

37 Нагорний Є.В., Наумов В.С., Черепаха О.С. Нейромережева модель прогнозування параметрів вантажопотоку у містах. *Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. 2015. № 2 (219). С. 126–130.

38 Malada H. R., Ivakhnenko A. G. Inductive Learning Algorithms for Complex Systems Modeling. Florida, 1994. 368 p.

39 Butko T., Prodashchuk S., Bogomazova G., Shelekhan G., Prodashchuk M., Purii R. Improvement of technology for management of freight rolling stock on railway transport. *Eastern-European journal of enterprise technologies*. 2017. Vol. 3, № 3 (87). P. 4–11. DOI: 10.15587/1729-4061.2017.99185.

40 Зеленський В., Газук А, Богомазова Г. Удосконалення технології транспортування експортних вантажів залізницею. *83 студентська науково-технічна конференції УкрДУЗТ: тези доповідей.* (Харків, 11 – 12 грудня, 2024 р.). Харків: УкрДУЗТ, 2024 р. С. 252. URL: <https://kart.edu.ua/nauka/stud-ndr/stud-ntk>.

41 Богомазова Г.Є., Мигалатій Є.А., Зеленський В.В. Підвищення ефективності роботи залізничної станції шляхом раціонального розподілу вантажних ресурсів. *Інтелектуальні транспортні технології: 5-а міжнародна науково-технічна конференція* (Харків, 25-27 листопада 2024 р.). Харків: УкрДУЗТ, 2024. С. 151 – 152.