Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра управління експлуатаційною роботою

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕДУРИ ВИБОРУ МІЖНАРОДНИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ МАРШРУТІВ СЛІДУВАННЯ ПАСАЖИРІВ НА ОСНОВІ ПОСТАНОВКИ ГРИ З НУЛЬОВОЮ СУМОЮ

Пояснювальна записка та розрахунки
до кваліфікаційної роботи

УПВМЗ.300.00.00.000 ПЗ

Розробив студент групи 213 –МКТ – Д24
спеціальності 275/275.02 – Транспортні технології (на залізничному транспорті)
(роботу виконано самостійно, відповідно до принципів академічної доброчесності)
_____Тетяна КОЛЬЄВА
(ПІДПИС)

Керівник: доцент, канд. техн. наук
Галина ПРОХОРЧЕНКО

Рецензент: доцент, канд. техн. наук
Ярослав ЗАПАРА

2026

АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 14 слайдів презентації, 81 аркуш пояснювальної записки формату А4, що включає 11 рисунків, 6 таблиць, 65 літературних джерел.

Ключові слова: МІЖНАРОДНІ ЗАЛІЗНИЧНІ МАРШРУТИ, ГРА З НУЛЬОВОЮ СУМОЮ.

Об'єктом дослідження є процес організації міжнародних залізничних пасажирських перевезень.

Метою роботи є підвищення ефективності організації міжнародних пасажирських перевезень за рахунок удосконалення процедури вибору міжнародних маршрутів слідування пасажирів на основі постановки гри з нульовою сумою шляхом розроблення платіжної матриці та формалізації процесу прийняття рішень в умовах невизначеності з урахуванням впливу прикордонних і митних операцій. Це дозолить підвищити доступність послуг залізниці в міжнародному сполученні.

У межах кваліфікаційної роботи удосконалено процедуру вибору міжнародних залізничних маршрутів слідування пасажирів в умовах невизначеності. Для формалізації процедури вибору міжнародних залізничних маршрутів слідування пасажирів розроблено математичну модель на основі постановки гри з нульовою сумою типу «гри з природою», який враховує вплив невизначених зовнішніх факторів, зокрема тривалості та варіативності прикордонних і митних операцій. Модель ґрунтується на платіжній матриці вибору стратегії подорожі пасажира шляхом лінійної нормалізації різнорідних критеріїв.

Також набув подальшого розвитку підхід до прийняття рішень у сфері міжнародних пасажирських перевезень на основі додавання нової функції у додатку для пасажира, яка забезпечує вибір раціональної стратегії поїздки з урахуванням інтересів пасажирів та перевізників.

ABSTRACT

This qualification work includes 14 presentation slides, 81 sheets of explanatory notes in A4 format, including 11 figures, 6 tables, 65 literary sources.

Keywords: INTERNATIONAL RAILWAY ROUTES, ZERO-SUM GAME.

The object of the study is the process of organizing international railway passenger transportation.

The purpose of the work is to increase the efficiency of organizing international passenger transportation by improving the procedure for selecting international passenger routes based on setting a zero-sum game by developing a payment matrix and formalizing the decision-making process under conditions of uncertainty, taking into account the impact of border and customs operations. This will increase the availability of railway services in international traffic.

Within the framework of the qualification work, the procedure for selecting international passenger railway routes under conditions of uncertainty has been improved. To formalize the procedure for selecting international rail passenger routes, a mathematical model was developed based on a zero-sum game of the "game with nature" type, which takes into account the influence of uncertain external factors, in particular the duration and variability of border and customs operations. The model is based on the payment matrix of choosing a passenger travel strategy by linear normalization of heterogeneous criteria. The approach to decision-making in the field of international passenger transportation was also further developed by adding a new function in the passenger application, which ensures the selection of a rational travel strategy taking into account the interests of passengers and carriers.

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет управління процесами перевезень
Кафедра управління експлуатаційною роботою
Освітній рівень: магістр
Спеціальність 275 Транспортні технології
275.02 Транспортні технології (на залізничному транспорті)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри,
професор, д-р техн. наук
_____ Бутько Т.В.
«_30_» _жовтня_ 2025 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Кольєвій Тетяні Олегівні

1 Тема роботи «Удосконалення процедури вибору міжнародних залізничних маршрутів слідування пасажирів на основі постановки гри з нульовую сумою» керівник Прохорченко Галина Олегівна, доцент, кандидат техн. наук затверджена розпорядженням по факультету управління процесами перевезень від від «24» жовтня 2025 р. № 19/25.

2 Строк подання студентом роботи 12 січня 2026 року .

3 Вихідні дані до роботи: Техніко-експлуатаційні показники роботи залізничного транспорту України та Нідерландів в цілому, статистичні дані щодо обсягів перевезень пасажирів, пасажирообігу та кількості пасажирів, перевезених у міжнародному сполученні в Україні та Нідерландах.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 1 Порівняльний аналіз залізничних систем України та Нідерландів 2 Аналіз пасажирських перевезень в Україні та Нідерландах 3 Фінансові та сервісні моделі пасажирських перевезень в Україні та Нідерландах 4 Розробка крос-кордонного пасажирського маршруту Харків (Україна)-Амстердам (Нідерланди). 5 Розробка вимог до мобільного застосунку з функцією інтелектуального пошуку міжнародного маршруту пасажира. 6 Техніко-економічне обґрунтування впровадження технологій мобільності на вимогу для міжнародних пасажирських перевезень Висновки.

5 Перелік графічного матеріалу. Пунктуальність руху поїздів на залізницях Європейських країн за 2023 р. Обсяги перевезення пасажирів залізничним транспортом України за період 2020-2023 рр. Організаційна

структура NS. Порівняння довжини залізничних колій України та Нідерландів. Маршрути крос-кордонного перевезення маршрутом Харків-Амстердам різними видами транспорту. Ескіз інтерфейсу модуля з планування маршрутів пасажирів мобільного додатку.

6 Консультанти окремих розділів

Розділ	Прізвище, ініціали, посада та науковий ступінь консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Оцінка економічної ефективності проектного рішення	Євгеній БАЛАКА, доцент, к.е.н		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів	Строк виконання етапів	Примітка
Вступ. 1 Порівняльний аналіз залізничних систем України та Нідерландів	10.10.25	
2 Аналіз пасажирських перевезень в Україні та Нідерландах	17.10.25	
3 Фінансові та сервісні моделі пасажирських перевезень в Україні та Нідерландах	10.11.25	
4 Розробка крос-кордонного пасажирського маршруту Харків (Україна)-Амстердам (Нідерланди)	30.11.25	
5 Розробка вимог до мобільного застосунку з функцією інтелектуального пошуку міжнародного маршруту пасажира	12.12.25	
6 Техніко-економічне обґрунтування впровадження технологій мобільності на вимогу для міжнародних пасажирських перевезень	02.01.26	
Висновки	12.01.26	

Студент_____Тетяна КОЛЬЄВА

Керівник_____Галина ПРОХОРЧЕНКО

Зміст

Вступ 8

1 Порівняльний аналіз залізничних систем України та Нідерландів 11

1.1 Організаційна структура та модель управління 11

1.2 Інфраструктура та її технічні характеристики 18

2 Аналіз пасажирських перевезень в Україні та Нідерландах 22

2.1. Обсяги та динаміка пасажиропотоку 22

2.2. Типи послуг та рухомий склад 22

2.3 Дослідження пунктуальності на залізничному транспорті 24

3 Фінансові та сервісні моделі пасажирських перевезень в Україні та Нідерландах 25

3.1. Доступність та ціноутворення 25

3.2. Якість обслуговування та задоволеність клієнтів 28

3.3 Законодавча база залізничного транспорту Нідерландів

4 Розробка крос-кордонного пасажирського маршруту Харків (Україна)-Амстердам (Нідерланди) на основі постановки гри з нульовою сумою 40

4.1 Аналіз подорожі маршрутом Харків-Амстердам залізничним транспортом 41

4.2 Аналіз подорожі маршрутом Харків-Амстредам автобусним транспортом 45

4.3 Аналіз подорожі маршрутом Харків-Амстердам змішаним видом транспорту 46

4.4 Порівняння побудованих маршрутів Харків-Амстердам та вибір оптимального 48
4.5 Формалізація задачі пошуку варіанту подорожі на основі гри з ненульовою сумою 50
5 Розробка вимог до мобільного застосунку з функцією інтелектуального пошуку міжнародного маршруту пасажира 53
5.1 Передумови розробки модуля планування маршрутів пасажирських перевезень на основі теорії ігор 53
5.2 Останні вимоги до мобільності в Європейському Союзі та цифрових додатків 54
5.3 Основні вимоги до модуля інтелектуального пошуку міжнародних маршрутів 57
5.4 Функціональні вимоги 58
5.5 Нефункціональні вимоги 60
6 Техніко-економічне обґрунтування впровадження технологій мобільності на вимогу для міжнародних пасажирських перевезень 65
Висновки 73
Список використаних джерел 75

Список використаних джерел

1. Транспортна система України. Studentam.net.ua. URL: https://studentam.net.ua/content/view/5888/132/ (дата звернення: 18.08.2025).

2. Nederlandse Spoorwegen. Wikipedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Nederlandse_Spoorwegen (дата звернення: 18.08.2025).

3. Ukrainian Railways. Wikipedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Ukrainian_Railways (дата звернення: 18.08.2025).

4. Укрзалізниця. Вікіпедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Укрзалізниця (дата звернення: 18.08.2025).

5. Залізничний транспорт України. Вікіпедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Залізничний_транспорт_України (дата звернення: 18.08.2025).

6. General information about railway transport. Ministry for Communities, Territories and Infrastructure Development of Ukraine. URL: https://mtu.gov.ua/en/content/informaciya-pro-ukrainski-zaliznici.html?PrintVersion (дата звернення: 18.08.2025).

7. Organisation of Corporate Governance at NS. Nederlandse Spoorwegen. URL: https://www.ns.nl/en/about-ns/corporate-governance/organisation-of-corporate-governance-at-ns.html (дата звернення: 18.08.2025).

8. Rail transport in the Netherlands. Wikipedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Rail_transport_in_the_Netherlands (дата звернення: 18.08.2025).

9. Dutch Railways Guide. Amsterdam Tips. URL: https://www.amsterdamtips.com/netherlands-railways-guide (дата звернення: 18.08.2025).

10. ProRail. Wikipedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/ProRail (дата звернення: 18.08.2025).

11. NS Railinfratrust. Wikipedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/NS_Railinfratrust (дата звернення: 18.08.2025).
12. Norfolk Southern Railway. Wikipedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Norfolk_Southern_Railway (дата звернення: 18.08.2025).
13. Укрзалізниця з початку війни збільшила оборотність пасажирських вагонів удвічі. Rail.insider. URL: https://www.railinsider.com.ua/ukrzaliznyczya-z-pochatku-vijny-zbilshyla-oborotnist-pasazhyrskyh-vagoniv-udvichi/ (дата звернення: 18.08.2025).
14. Найдовші пасажирські поїзди Укрзалізниці. YouTube. URL: https://www.youtube.com/watch?v=sqHhXIsjhvo (дата звернення: 18.08.2025).
15. «Укрзалізниця» представляє нову класифікацію пасажирських потягів. УНІАН. URL: https://www.unian.ua/society/546765-ukrzaliznitsya-predstavlyae-novu-klasifikatsiyu-pasajirskih-potyagiv.html (дата звернення: 18.08.2025).
16. Нові класи в «Укрзалізниці»: що зміниться? Радіо Свобода. URL: https://www.radiosvoboda.org/a/ukrzaliznycia-vahon-klas/29433477.html (дата звернення: 18.08.2025).
17. Укрзалізниця змогла забезпечити своєчасний рух поїздів, попри обстріли. LIGA.net. URL: https://biz.liga.net/ua/all/transport/novosti/ukrzaliznytsia-zmohla-zabezpechyty-svoiechasnyi-rukh-poizdiv-popry-obstrily (дата звернення: 18.08.2025).
18. Укрзалізниця змогла забезпечити своєчасний рух поїздів, попри обстріли. UKR.NET. URL: https://www.ukr.net/news/details/economics/105457210.html (дата звернення: 18.08.2025).
19. Коли з'являються та як розподіляються за станціями квитки Укрзалізниці? Visit Ukraine. URL: https://visitukraine.today/uk/blog/4731/when-do-ukrzaliznytsia-tickets-appear-and-how-are-they-distributed-by-station (дата звернення: 18.08.2025).
20. Колапс з квитками «Укрзалізниці»: як влаштована система їх продажу. Економічна правда. URL:

https://epravda.com.ua/publications/2024/09/11/719177/ (дата звернення: 18.08.2025).
21. Facilities on the train. Nederlandse Spoorwegen. URL: https://www.ns.nl/en/travel-information/facilities/facilities-in-the-train.html (дата звернення: 18.08.2025).
22. Guide to Train Types in Netherlands. Amsterdam Tips. URL: https://www.amsterdamtips.com/trains-in-netherlands (дата звернення: 18.08.2025).
23. Punctuality on the main rail network and high-speed line. NS Annual Report 2024. URL: https://www.nsannualreport.nl/annual-report-2024/our-activities-and-achievements-in-the-netherlands/operational-performance/punctuality-on-the-main-rail-network-and-the-highspeed-line (дата звернення: 18.08.2025).
24. Commuter times worsened in the Netherlands in 2024. Reddit. URL: https://www.reddit.com/r/Amsterdam/comments/1hzi3t9/commuter_times_worsened_in_the_netherlands_in/ (дата звернення: 18.08.2025).
25. Products and fares. RET. URL: https://www.ret.nl/en/home/travel-products/products-and-fares.html (дата звернення: 18.08.2025).
26. How do I pay for my journey by public transport? 9292. URL: https://9292.nl/en/fares-and-season-tickets/ (дата звернення: 18.08.2025).
27. Dutch railway services. Wikipedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Dutch_railway_services (дата звернення: 18.08.2025).
28. Netherlands: Carriers & Operators. RAILMARKET.com. URL: https://railmarket.com/eu/netherlands/carriers-operators (дата звернення: 18.08.2025).
29. Європейська колія. Вікіпедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Європейська_колія (дата звернення: 18.08.2025).
30. Залізниці колії 1435 мм. Український державний університет залізничного транспорту. URL: https://kart.edu.ua/wp-

content/uploads/2023/09/dbn-v.2.3-hh-202h-zaliznici-kolii-1435-mm-proiekt-1red.pdf (дата звернення: 18.08.2025).

31. Railways in the Netherlands. Sinfin.net. URL: https://www.sinfin.net/railways/world/nederland.html (дата звернення: 18.08.2025).

32. List of track gauges. Wikipedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_track_gauges (дата звернення: 18.08.2025).

33. Ukrainian railways statistics. Ministry for Communities, Territories and Infrastructure Development of Ukraine. URL: https://mtu.gov.ua/en/content/statistichni-dani-pro-ukrainski-zaliznici.html (дата звернення: 18.08.2025).

34. Comparison of Great Britain and Ukraine railway systems. Nottingham Repository. URL: https://nottingham-repository.worktribe.com/preview/21091251/1570864926.pdf (дата звернення: 18.08.2025).

35. Rail transport in Europe. Wikipedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Rail_transport_in_Europe (дата звернення: 18.08.2025).

36. Green energy for train, bus and station. Nederlandse Spoorwegen. URL: https://www.ns.nl/en/about-ns/sustainability/climate-neutral/green-energy-for-train-bus-and-station.html (дата звернення: 18.08.2025).

37. Пасажирські залізничні перевезення недофінансовані на 20 млрд грн. Rail.insider. URL: https://www.railinsider.com.ua/pasazhyrski-zaliznychni-perevezennya-nedofinansovani-na-20-mlrd-grn/ (дата звернення: 18.08.2025).

38. Пасажирські перевезення недофінансовані на 20 мільярдів. Укрінформ. URL: https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/4023597-pasazirski-perevezenna-nedofinansovani-na-20-milardiv-v-uz-skazali-ci-pidnimatimut-cini-na-kvitki.html (дата звернення: 18.08.2025).

39. Ukrzaliznytsia selects manufacturer for new passenger railcars. Railway PRO. URL: https://www.railwaypro.com/wp/ukrzaliznytsia-selects-manufacturer-for-100-carriages/ (дата звернення: 18.08.2025).
40. Ukrzaliznytsia buys 100 new passenger wagons. RAILMARKET.com. URL: https://railmarket.com/news/passenger-rail/36871-ukrzaliznytsia-buys-100-new-passenger-wagons-from-kryukovsky-railway-car-building-works (дата звернення: 18.08.2025).
41. Пасажири обрали трійку найкомфортніших поїздів. Rail.insider. URL: https://www.railinsider.com.ua/pasazhyry-obraly-trijku-najkomfortnishyh-poyizdiv/ (дата звернення: 18.08.2025).
42. Скільки пасажирів задоволені послугами «Укрзалізниці». Delo.ua. URL: https://delo.ua/news/skilki-pasaziriv-zadovoleni-poslugami-ukrzaliznici-rezultati-opituvannya-440156/ (дата звернення: 18.08.2025).
43. Uzbekistan Airways passenger reviews. Flight-report. URL: https://flight-report.com/en/airline/5273/uzbekistan-airways/ (дата звернення: 18.08.2025).
44. Uzbekistan Airways customer reviews. Skytrax. URL: https://www.airlinequality.com/airline-reviews/uzbekistan-airways/ (дата звернення: 18.08.2025).
45. What compensation does NS offer? Nederlandse Spoorwegen. URL: https://www.ns.nl/en/customer-service/refunds/welke-vergoeding-biedt-ns.html (дата звернення: 18.08.2025).
46. Public-Private Partnerships. Norfolk Southern. URL: https://www.norfolksouthern.com/en/commitments/in-your-community/government-relations/public-private-partnerships (дата звернення: 18.08.2025).
47. When will the NS be subsidized again? Reddit. URL: https://www.reddit.com/r/nederlands/comments/1j4q88q/wanneer_wordt_de_ns_weer_gesubsidieerd/ (дата звернення: 18.08.2025).

48. Dutch rail satisfaction at all-time high. Expatica Netherlands. URL: https://www.expatica.com/nl/general/dutch-rail-satisfaction-at-all-time-high-30890/ (дата звернення: 18.08.2025).

49. Effect of Station Improvement Measures on Customer Satisfaction. David Publishing Company. URL: https://www.davidpublisher.com/Public/uploads/Contribute/551107e24b6f8.pdf (дата звернення: 18.08.2025).

50. Klanttevredenheid en sociale veiligheid openbaar vervoer, 2004–2023. CLO Netherlands. URL: https://www.clo.nl/indicatoren/nl214607-klanttevredenheid-en-sociale-veiligheid-openbaar-vervoer-2004-2023 (дата звернення: 18.08.2025).

51. Klanttevredenheid. NS Jaarverslag 2024. URL: https://www.nsjaarverslag.nl/jaarverslag-2024/activiteiten-en-prestaties-in-nederland/klanttevredenheid (дата звернення: 18.08.2025).

52. Punctuality. NS Annual Report 2022. URL: https://2022.nsannualreport.nl/annual-report-2022/our-activities-and-achievements-in-the-netherlands/performance-on-the-main-rail-network-and-the-highspeed-line/punctuality (дата звернення: 18.08.2025).

53. 10% of NS trains are late. DutchNews.nl. URL: https://www.dutchnews.nl/2024/02/10-of-ns-trains-are-late-and-more-passengers-have-to-stand/ (дата звернення: 18.08.2025).

54. HSL-Zuid. Wikipedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/HSL-Zuid (дата звернення: 18.08.2025).

55. Did the Netherlands Ever Need 300 km/h Trains? Pedestrian Observations. URL: https://pedestrianobservations.com/2025/07/27/did-the-netherlands-ever-need-300-km-h-trains/ (дата звернення: 18.08.2025).

56. NS ICNG train set makes passenger debut. Trip By Trip. URL: https://tripbytrip.org/2023/04/21/ns-icng-train-set-makes-passenger-debut-as-benelux-deployment-delayed/ (дата звернення: 18.08.2025).

57. ICNG EMUs in service. Railvolution. URL: https://www.railvolution.net/news/icng-emus-in-service (дата звернення: 18.08.2025).

58. Efficient testing of complex interlocking interfaces. Movares. URL: https://movares.com/wp-content/uploads/2018/07/Eurail_Volltexte_ERPA__tx_it24archiv_sd2008_S_D_1_2_08_Gerrevink.indd-1.pdf (дата звернення: 18.08.2025).

59. HSL Zuid: constructieproblemen en herstelmaatregelen. ProRail. URL: https://www.prorail.nl/over-ons/prorail-hsl/hsl-zuid-constructieproblemen-en-herstelmaatregelen (дата звернення: 18.08.2025).

60. Державна служба статистики України. URL: https://www.ukrstat.gov.ua/ (дата звернення: 18.08.2025).

61. European Commission. Digitalising transport – towards smart and sustainable mobility. URL: https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/digitalisation-mobility (дата звернення: 27.12.2025).

62. European Commission. Unlocking the potential of mobility data. URL: https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/mobility-data (дата звернення: 27.12.2025).

63. European Commission. Multimodal Travel Information. URL: https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/smart-mobility/road/its-directive-and-action-plan/multimodal-travel-information_en (дата звернення: 27.12.2025).

64. Montero J., Finger M. Single Digital Booking and Ticketing – Is there a need for more regulation? Florence School of Regulation. URL: https://fsr.eui.eu/single-digital-booking-and-ticketing-is-there-a-need-for-more-regulation/ (дата звернення: 27.12.2025).

65. Г.О. Прохорченко, Т.О. Кольєва, Я.С. Міщенко, Д.Є. Цабора Удосконалення процедури вибору міжнародних залізничних маршрутів слідування пасажирів на основі цифровізації. 6-а міжнародна науково-технічна конференція «Інтелектуальні транспортні технології», Харків, 24–26 листопада 2025 р.: Тези доповідей. – Харків:УкрДУЗТ, 2025. С.99-100.