Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра управління експлуатаційною роботою

ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗКЛАДУ РУХУ МІЖНАРОДНИХ ПОЇЗДІВ ЗА НАПРЯМКОМ З УРАХУВАННЯМ ПОПИТУ ПАСАЖИРІВ

Пояснювальна записка та розрахунки
до кваліфікаційної роботи

ОРРМП.300.00.00.000 ПЗ

Розробив студент групи 216-ОМП-Д23 спеціальності 275/275.02 – Транспортні технології (на залізничному транспорті) (роботу виконано самостійно, відповідно до принципів академічної доброчесності)

_____Олеся ТРЕЩОВА
(підпис)

Керівник: доцент, канд. техн. наук
Тетяна ГОЛОВКО

Рецензент: доцент, канд. техн. наук
Ганна ШЕЛЕХАНЬ

2024

АНОТАЦІЯ

Дана робота включає в себе 12 слайдів презентації, 85 аркушів пояснювальної записки формату А4, що включає 24 рисунка, 1 таблицю, 20 літературних джерел.

Ключові слова: розклад поїздів, пасажиропотік, міжнародні перевезення.

Кваліфікаційну роботу присвячено оптимізації розкладу руху міжнародних поїздів за напрямком з урахуванням попиту пасажирів.

Об'єктом дослідження є організація руху міжнародних поїздів за напрямком з урахуванням попиту пасажирів.

Метою є оптимізація розкладу руху міжнародних поїздів за напрямком з урахуванням попиту пасажирів при коливаннях його значення у часі з використанням елементів інтелектуальних технологій.

Для досягнення поставленої задачі було виконано аналіз пасажиропотоку міжнародного сполучення та реалізації місць у поїздах, з метою подальшого розуміння коливання міжнародного пасажиропотоку у часі на напрямках було обрано адаптаційну модель прогнозування, де при розрахунку кількості пасажирів використовувався двопараметричний метод експоненційного згладжування, також було представлено модель прямування поїздопотоку у пасажирському сполученні з цільовою функцією і відповідними обмеженнями. Для вирішення завдання інтелектуального управління запропоновано імітаційну модель з подальшою оптимізацією параметрів, що імітує логіку прийняття рішень та є основою для системи підтримки прийняття рішення оперативного працівника. Техніко-економічна оцінка результатів моделювання довела ефективність запропонованої технології.

ANNOTATION

This qualification work includes 12 presentation slides, 85 pages of A4 explanatory note, including 24 figures, 1 table, and 20 references.

Keywords : train schedule, passenger flow, international transportation.

The qualification work is devoted to optimizing the timetable of international trains by direction, taking into account passenger demand.

The object of the study is the organization of the movement of international trains by direction, taking into account passenger demand.

The goal is to optimize the schedule of international trains by direction, taking into account passenger demand when its value fluctuates over time, using elements of intelligent technologies.

In order to achieve the given task, an analysis of the international passenger flow and realization of seats in trains was performed, in order to further understand the fluctuation of international passenger flow over time on the directions, an adaptive forecasting model was chosen, where the two-parameter method of exponential smoothing was used to calculate the number of passengers, a train flow routing model was also presented in the passenger connection with the target function and the corresponding restrictions. To solve the task of intelligent management, a simulation model with further optimization of parameters is proposed, which simulates the logic of decision-making and is the basis for the decision-making support system of an operational employee. The technical and economic assessment of the simulation results proved the effectiveness of the proposed technology..portation.

Український державний університет залізничного транспорту

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри,
професор, д.т.н.
_____ Тетяна БУТЬКО
«29» грудня 2024р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
Трещова Олеся Андріївна

1 Тема Оптимізація розкладу руху міжнародних поїздів за напрямком з урахуванням попиту пасажирів.

Керівник Головко Тетяна Владиславна, канд. техн. наук, доцент

затверджені розпорядженням по факультету від « 30 » вересня 2024 року № 12/24

2 Строк подання студентом закінченої роботи « 30 » грудня 2024 року

3 Вихідні дані.
1. Техніко-експлуатаційна характеристика роботи полігона.
2. Аналіз показників полігону в умовах міжнародних перевезень.
3. Розміри пасажиропотоків міжнародного напрямку на полігоні.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Вступ
1. Методи оцінки пропускної спроможності залізниці та затримки пасажирів в умовах прогнозування попиту.
2. Аналіз залізничного підрозділу в умовах обробки пасажирського поїздопотоку міжнародного призначення
3. Аналіз показників підрозділу щодо пасажиропотоку міжнародного сполучення
4. Математичне моделювання прямування пасажиропотоків з урахуванням перспективної кореспонденції
5. Обґрунтування економічної ефективності інтерактивної комп'ютерної системи підтримки прийняття рішень

5 Перелік графічного матеріалу
1. Аналіз реалізації місць у поїздах та вагонах міжнародного сполучення
2. Аналіз реалізації місць у поїздах та вагонах міжнародного сполучення

3. Математичні моделі прямування пасажиропотоку міжнародного призначення на напрямку

4. Відображення просування поїздопотоку міжнародного сполучення на напрямку

5. Порівняний графік вихідного та оптимізованого часового ряду

6. Техніко-економічне обґрунтування запропонованих заходів

6 Консультанти окремих розділів

Розділ	Прізвище, ініціали, посада та науковий ступінь консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічне обґрунтування запропонованого рішення	Наталія ГРИЦЕНКО, доцент, к.е.н.		

7 Дата видачі завдання « 30 » вересня 2024 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів	Строк виконання етапів	Примітка
Вступ	30.09.2024	виконано
1 Методи оцінки пропускної спроможності залізниці та затримки пасажирів в умовах прогнозування попиту.	5.10.2024	виконано
2 Аналіз залізничного підрозділу в умовах обробки пасажирського поїздопотоку міжнародного призначення	20.10.2024	виконано
3 Аналіз показників підрозділу щодо пасажиропотоку міжнародного сполучення	1.11.2024	виконано
4 Математичне моделювання прямування пасажиропотоків з урахуванням перспективної кореспонденції	20.11.2024	виконано
5 Обґрунтування економічної ефективності інтерактивної комп’ютерної системи підтримки прийняття рішень	30.11.2024	виконано
Висновки	10.12.2024	виконано
Оформлення роботи	15.12.2024	виконано

Здобувач Олеся ТРЕЩОВА

Керівник проекту (роботи) Тетяна ГОЛОВКО

Зміст

Вступ 8

1 Методи оцінки пропускної спроможності залізниці та затримки пасажирів в умовах прогнозування попиту 10

1.1 Прогнозування транспортного попиту 10

1.2 Стратегічна оцінка та її фактори 14

1.3 Методи оцінки пропускної спроможності залізниці та затримки пасажирів 17

1.4 Вплив пропускної спроможності на графік руху пасажирських поїздів 24

2 Аналіз залізничного підрозділу в умовах обробки пасажирського поїздопотоку міжнародного призначення 31

2.1 Організація обробки пасажирських поїздів 31

2.2 Обробка пасажирського поїзда з роз'єднанням вагонів та перестановкою колісних пар. 33

3 Аналіз показників підрозділу щодо пасажиропотоку міжнародного сполучення 37

3.1 Аналіз динаміки пасажиропотоків 37

3.2 Аналіз реалізації місць у поїздах міжнародного сполучення 44

4 Моделювання прямування пасажиропотоку міжнародного призначення на напрямку 53

4.1 Математичні моделі оптимізації 53

4.2 Імітаційне моделювання просування поїздопотоку міжнародного призначення на напрямку 63

5 Обґрунтування економічної ефективності інтерактивної комп'ютерної системи підтримки прийняття рішень 74

Висновки 82

Список використаних джерел 83

Вступ

Система організації пасажирських міжнародних перевезень на залізничному транспорті в умовах ринку вирішує комплекс соціальних, функціональних, економічних та технологічних завдань, спрямованих на підвищення ефективності та якості обслуговування пасажирів. Необхідність розвитку міжнародних залізничних пасажирських перевезень обумовлена насамперед безперервним зростанням мобільності населення, підвищенням екологічності масових видів транспорту.

Актуальність теми.

За даними "Укрзалізниці", що порівняно з показниками до повномасштабного вторгнення, обсяги пасажирських міжнародних перевезень зросли у 9 разів та було запущено 5 нових маршрутів до Європи. При значному коливанні пасажиропотоку, зокрема в міжнародному сполученні, виникає необхідність своєчасного забезпечення оптимальних умов функціонування залізничної транспортної системи. Одним з важливих чинників покращення певних показників та підвищення стійкості та регулярності роботи залізничного транспорту є оптимізація розкладу руху міжнародних поїздів за напрямком з урахуванням попиту пасажирів,отже виникає необхідність розробки моделі просування пасажиропотоків, що враховує їх коливання за часом. При цьому виникає необхідність технологічної модернізації системи управління перевізним процесом, яка передбачає розробку, впровадження, та удосконалення нових технології, що відповідає сучасним вимогам.

Метою є оптимізація розкладу руху міжнародних поїздів за напрямком з урахуванням попиту пасажирів при коливаннях його значення у часі з використанням елементів інтелектуальних технологій. Для досягнення поставленої мети треба було вирішити наступні завдання:

- аналіз пасажиропотоку міжнародного сполучення та реалізації місць у поїздах;

- прогнозування пасажиропотоку у міжнародному сполученні на напрямку;

- удосконалення існуючої технології організації пасажиропотоків шляхом впровадження системи підтримки прийняття рішень на автоматизоване робоче місце відповідного працівника;

- обґрунтування економічної доцільності запропонованих заходів.

Об'єкт дослідження. Організація руху міжнародних поїздів за напрямком з урахуванням попиту пасажирів

Предмет дослідження. Технологія управління процесом просування пасажиропотоків на залізничній мережі в міжнародному сполученні

Елементи наукової новизни. Запропоновано модель розрахунку необхідної кількості вагонів, а також доцільність зупинок на напрямку, для забезпечення пасажиропотоків міжнародного сполучення на основі використання прогнозу. Побудовано імітаційну модель пасажирських поїздопотоків на напрямку з відповідною логікою та параметрами, що дозволяє вже на стадії планування оптимізувати обробку пасажиропотоків міжнародного сполучення.

Аналіз попередніх досліджень та публікацій. Впровадженню інформаційних систем та технологій у перевізний процес в останні часи приділяється багато уваги в роботах М.І. Данька, Т.В. Бутько, Д.В. Ломотька, О.А. Малахової, А.В. Прохорченка, О.В. Лаврухіна та інших вчених.

В ході підготовки та виконання роботи автором була використана інформація, у тому числі текст, методики проведення аналізу, досліджень, визначення певних характеристик, параметрів та вихідних даних, розрахунків тощо, які міститься у джерелах [1-20], наведених у списку використаних джерел.

Публікації. Кількість наукових праць по тематиці даної випускної кваліфікаційної роботи відповідає нормативним вимогам щодо присудження кваліфікації магістра [1].

Висновки

1. У робот здійснено аналіз кількості пасажирських поїздів міжнародного напрямку з подальшою лінійною апроксимацією даних за допомогою методу найменших квадратів у п'ятому ступені та знайдено функцію у, яка описує реалізацію місць у поїздах та вагонах міжнародного сполучення за період 2016-2023 роки.

2. З метою раціонального використання пасажирських поїздів міжнародного сполучення при коливаннях пасажиропотоку у часі у роботі було виконано аналіз пасажиропотоку міжнародного сполучення та реалізації місць у поїздах, з використанням методу експоненційного згладжування з урахуванням тренду (метод Хольта (C.C. Holt)) або двопараметричного методу експоненційного згладжування, побудовано прогноз пасажиропотоку у міжнародному сполученні на напрямку з підбором оптимальних параметрів згладжування, що дають найменшу помилку прогнозу. Для наочного уявлення про поведінку досліджуваної випадкової величини – кількості пасажирів, побудовано щільність та функцію розподілу.

3. Представлено імітаційну модель пасажирських поїздопотоків на напрямку з відповідною логікою та параметрами. Крім цього за результатами оптимізації можна отримати дані про розподіл пасажиропотоку потягами, що дозволяє вже на стадії планування визначити пункти та обсяги посадки-висадки пасажирів для кожного поїзда окремо, враховувати початковий та кінцевий пункт призначення пасажира.

4. Також у роботі було побудовано імітаційну модель. Увесь процес представлене логічними блоками, де є вхідні ресурси, їх зайнятість у відсотках, час обробки, та вихідний потік. З оптимізаційного експерименту у 1200 ітерацій встановлено оптимальна кількість зупинок, в залежності від попиту пасажиропотоку. У подальшому, при коливанні пасажиропотоку,

можна оперативно визначати оптимальну кількість зупинок, кількість вагонів та час пересування. При необхідності можна задати параметри переставлення вагонів, кількість технічних засобів та інші. За рахунок оптимізації часу прямування пасажирських поїздів та у результаті змінення цього часу, отримано порівняний графік вихідного та оптимізованого часового ряду.

5. Економія від впровадження інтерактивної комп'ютерної системи підтримки прийняття рішень на п'ятий рік експлуатації склала 98866 гр. за приведеним підсумком

Список використаних джерел

1 Трещова О.А., Зенькін Р.Ю. Удосконалення роботи залізничного підрозділу за рахунок оптимізації розкладу руху міжнародних поїздів. *Інтелектуальні транспортні технології: тези доповідей 3-ої міжнародної науково-технічної конференції, 25-27 листопада 2024 р*. Харків: УкрДУЗТ. 2024. С. 36-37.

2 SMART Decision HUB: веб-сайт. URL: https://sdh.smart-it.com/news-post/prognoz-popytu-yak-instrument-prybutkovogo-biznesu/. (Дата звернення:10.10.2024).

3 Australian Transport Assessment and Planning (ATAP): веб-сайт. URL: https://www.atap.gov.au/technical-support-library/ngtsm/index/. (Дата звернення: 11.10.2024).

4 Transport Scotland: веб-сайт. URL: https://www.transport.gov.scot/publication/national-transport-strategy-2/. (Дата звернення:15.10.2024).

5 Sun L., Jin J. G., Lee D. H., Axhausen K. W., Erath, A. Demand-driven timetable design for metro services. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 2014. Vol. 46. P.284-299. URL: https://doi.org/10.1016/j.trc.2014.06.003.

6 Higgins A., Kozan E., Ferreira L. Optimal scheduling of trains on a single line track. *Transportation research part B: Methodological*. 1996. № 30(2). P.147-161.

7 Lan S. M. Study on the relevant issues of train running program along BeijingShanghai high speed line. *Railway Transport and Economy*. 2002. Vol. 24(5). P. 32-34. URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/688/2/022004.

8 Cormanb F., Menga L., Haoa W., Xi Jianga. A train timetabling and stop planning optimization model with passenger demand. *3th International Conference on Railway Operations Modelling and Analysis*. 2019. P.370-386.

9 Robenek T., Azadeh S. S. Maknoon Y., de Lapparent M., Bierlaire M. Train timetable design under elastic passenger demand. *Transportation Research Part B: Methodological*. 2018. Vol.111. P. 19-38. URL: https://doi.org/10.1016/j.trb.2018.03.002.

10 Cacchiani V., Qi J., Yang L. Robust optimization models for integrated train stop planning and timetabling with passenger demand uncertainty. *Transp Res Part B Methodol.* 2020. P. 1–29.

11 Borndorfer R., Schlechte T. Solving railway track allocation problems. *Operations research proceedings .Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg*. 2007. P.117-122.

12 Wang Y., Tang T., Ning B., van den Boom T. J., De Schutter B. Passengerdemands-oriented train scheduling for an urban rail transit network. *Transportation. Research Part C: Emerging Technologies*. 2015.P. 1-23. URL: https://doi.org/10.1016/j.trc.2015.07.012.

13 D'Ariano A., Meng L., Centulio G., Corman F.. Integrated stochastic optimization approaches for tactical scheduling of trains and railway infrastructure maintenance. *Computers & Industrial Engineering*. Vol. 127. 2019. P. 1315-1335. URL: https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.12.010.

14 Державна прикордонна служба України. URL: http: https://dpsu.gov.ua//. (Дата звернення: 6.11.2024).

15 Бутько Т.В., Лаврухін О.В., Доценко Ю.В. Удосконалення управління процесом просування поїздо потоків на основі стабілізації обігу вантажного вагону. *Збірник наукових праць донецького інституту залізничного транспорту*. 2010. № 22. С. 18-26.

16 Математичне моделювання і оптимізація : конспект лекцій/ Штельма О. М. Харків : ХНУМГ, 2019. 56 с.

17 Bobrovskiy V.I. Functional simulation of railway stations on the basis of finite state automata. *Transport Problems The Silesian University of Technology, Faculty of Transport, Katowice, Poland*. 2014. Vol. 9, Iss. 3. P. 57-66. URL: https://www.researchgate.net/publication/289049688_Functional_simulation_of_railway_stations_on_the_basis_of_finite-state_automata.

18 Grigoryev I. Anylogic in three days a quick course in simulation modeling. 2018. 251 c.

19 Bhardwaj A., Ghosh S., Dutta A. Modeling of Multiagent Based Railway System using BDI Logic. *Proc. of the Intl. Conf. on Future Trends in Computing and Communication*. 2013. P. 60-65. URL: https://www.academia.edu/68386026/Modeling_of_Multiagent_Based_Railway_System_using_BDI_Logic.

20 Оцінка економічної доцільності інвестицій в інноваційні проекти а транспорті / Балака Є.І., Зоріна О.І., Колесникова Н.М., Писареський І.М. Харків: УкрДАЗТ, 2005. 210с.