

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра управління експлуатаційною роботою

ОПТИМІЗАЦІЯ ПЛАНУВАННЯ ВАГОНОПОТОКУ ПРИПОРТОВОЇ
ЗАЛІЗНИЧНОЇ СТАНЦІЇ НА ОСНОВІ ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТІ

Пояснювальна записка та розрахунки
до кваліфікаційної роботи

ОПВПЗ.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)


(підпис)

Дмитро ПЛАХОТНИКОВ

Керівник: доцент, канд. техн. наук

Тетяна ГОЛОВКО

Рецензент: доцент, канд. техн. наук

Ольга ШАПАТИНА

2024

АНОТАЦІЯ

Дана робота включає в себе 15 слайдів презентації, 90 аркушів пояснювальної записки формату А4, що включає 24 рисунків, 2 таблиці, 39 літературних джерел.

Ключові слова: інтероперабельність, пункт взаємодії, припортова залізнична станція.

Кваліфікаційну роботу присвячено оптимізації планування вагонопотоку припортової залізничної станції на основі інтероперабельності.

Об'єктом дослідження є процес взаємодії залізничного та морського транспорту.

Метою є запропонований підхід, який пропонує зменшення загальних річних експлуатаційних витрат на подачу-прибирання вантажних вагонів, непродуктивних простоїв рухомого складу, та вимагає впровадження сучасних логістичних та інформаційних технологій на основі інтелектуальних транспортних систем.

Для досягнення поставленої задачі було проаналізовано середньодобові обсяги роботи пунктів взаємодії з відповідними простоями під операціями.

Для їх зменшення пропонується підвищення ефективності роботи шляхом планування потоку перевантаження за допомогою багатоцільової моделі, яка об'єднує рішення щодо об'єму вагонопотоку та плану розміщення потужностей. Для досягнення поставленої задачі експериментального встановлення оптимальних параметрів було розроблено імітаційну модель пункту взаємодії, де критерієм оптимізації обрано середній (сумарний) час перебування транспортних засобів в процесі навантаження-вивантаження з урахуванням часу простою.

Техніко-економічна оцінка результатів моделювання довела ефективність запропонованої технології.

ANNOTATION

This qualification work includes 15 presentation slides, 90 pages of A4 explanatory note, including 24 figures, 2 table, and 39 references.

Keywords : interoperability, point of interaction, port railway station.

The qualification work is devoted to the optimization of the planning of car flow of the port railway station based on interoperability.

The object of the study is the process of interaction of railway and sea transport.

The goal is the proposed approach, which offers a reduction of the total annual operating costs for the supply and removal of freight cars, non-productive downtime of rolling stock, and requires the introduction of modern logistics and information technologies based on intelligent transport systems.

In order to achieve the given task, the average daily volumes of work of interaction points with corresponding downtimes during operations were analyzed.

To reduce them, it is proposed to increase the efficiency of work by planning the overload flow using a multi-objective model, which combines decisions regarding the volume of car traffic and the capacity allocation plan. To achieve the set task of experimentally establishing optimal parameters, a simulation model of the interaction point was developed, where the average (total) time spent by vehicles in the loading-unloading process, taking into account idle time, was chosen as the optimization criterion.

The technical and economic evaluation of the simulation results proved the effectiveness of the proposed technology.

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет управління процесами перевезень

Кафедра управління експлуатаційною роботою

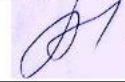
Освітньо-кваліфікаційний рівень: магістр

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 Плахотніков Дмитро Володимирович

1 Тема Оптимізація планування вагонопотоку припортової залізничної станції на основі інтероперабельності.

Керівник Головка 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 вагонопотоку полігону.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ

1. Інтероперабельність залізничного транспорту у міжнародному сполученні.
2. Аналіз показників залізничного транспорту в умовах інтероперабельності
3. Формалізація раціональних розмірів руху пункту взаємодії
4. Імітаційне моделювання просування вагонопотоків припортової залізничної станції в умовах інтероперабельності
5. Обґрунтування економічної ефективності інтерактивної комп'ютерної системи підтримки прийняття рішень

5 Перелік графічного матеріалу

1. Середньодобові обсяги роботи полігону
2. Простий суден під операціями
3. Графік емпіричної функції розподілу простою суден під навантаженням
4. Відображення процесу передачі вагонопотоку
5. Цільова функція мінімізації загальних експлуатаційних витрат

6. Результати симуляційного моделювання при обраних характеристиках

7. Оптимізаційний експеримент

8. Симулювання моделі з оптимальними параметрам

9. 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 Інтєроперабельність залізничного транспорту у міжнародному сполученні.	5.10.2024	виконано
2 Аналіз показників залізничного транспорту в умовах інтєроперабельності	20.10.2024	виконано
3 Формалізація раціональних розмірів руху пункту взаємодії.	10.11.2024	виконано
4 Імітаційне моделювання просування вагонопотоків припортової залізничної станції в умовах інтєроперабельності.	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	20.12.2024	виконано

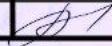
Здобувач
Керівник



Дмитро ПЛАХОТНИКОВ
Тетяна ГОЛОВКО

Зміст

Вступ	7
1 Інтероперабельність залізничного транспорту у міжнародному сполученні	10
1.1 Перспективи залізничного транспорту у міжнародному сполученні	10
1.2 Складові сумісності залізничного транспорту	16
2 Аналіз показників залізничного транспорту в умовах інтероперабельності	21
2.1 Середньодобові обсяги роботи	21
2.2 Аналіз простою вагонопотоків	25
3 Формалізація раціональних розмірів руху пункту взаємодії	27
3.1 Аналіз ефективності функціонування інфраструктури пунктів взаємодії	27
3.2 Попередній досвід особливостей моделювання транспортних процесів пунктів взаємодії	33
3.3 Формулювання моделі мінімізації загальних експлуатаційних витрат	45
4 Імітаційне моделювання просування вагонопотоків припортової залізничної станції в умовах інтероперабельності	60
5 Обґрунтування економічної ефективності інтерактивної комп'ютерної системи підтримки прийняття рішень	80
Висновки	89
Список використаних джерел	91

					ОПВПЗ 300.00.00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	«Оптимізація планування вагонопотоку припортової залізничної станції на основі інтероперабельності»	Літ.	Арк.	Акрушіє
Розроб.		Плахотніков		25.12				
Перевір.		Головко		25.12			6	90
Реценз.						УкрДУЗТ		
Н. Контр.		Головко		25.12				
Затв..		Буцько		29.12				

Вступ

За своїм транзитним потенціалом Україна посідає провідне місце в Європі і є потужним транспортним «мостом» між Європою та Азією. В останні роки в Україні здійснюється значна робота щодо інтеграції її транспортної системи до загальноєвропейської. На цьому шляху виникає цілий ряд проблем технічного, юридичного і, навіть, соціально-культурного характеру. Для вирішення цих проблем та зменшення бар'єрів між різними транспортними системами в країнах Європи широко впроваджується принцип інтероперабельності. До основних цілей залізничної інтероперабельності можна віднести: усунення технічних бар'єрів у взаємній торгівлі; підвищення рівня безпеки залізничної продукції; зменшення витрат (фінансових і часових) на підтвердження безпеки цієї продукції; посилення відповідальності виробників і постачальників щодо безпеки продукції.

Повне відкриття залізничної мережі міжнародних вантажних перевезень означає необхідність введення інтероперабельності в межах усієї міжнародної залізничної галузі. Процес інтероперабельності залізниць включає декілька пунктів: установлення єдиних правових рамок щодо процедур перевірки дотримання основних вимог із питань безпеки, здоров'я, технічної сумісності, надійності, доступності та впливу на навколишнє середовище; застосування єдиної процедури для експлуатації поїздів по одній інфраструктурі; пошук необхідного рівня технічної сумісності, достатньої для експлуатації та руху різних типів рухомого складу; пошук рівня технічної узгодженості для поступового переходу внутрішнього ринку на обладнання, послуги й конструкції для оновлення, модернізації та безпечної експлуатації залізничної мережі.

Актуальність.

Дослідження транспортної системи будь якого виду транспорту зазвичай обмежуються його підсистемами та елементами з урахуванням зв'язків з іншими системами та зовнішнім середовищем. Але певні процеси взаємодії порту з залізничним транспортом потребують дослідження на більш високому рівні деталізації. Зокрема питання вибору раціональних розмірів руху під час організації доставки вантажів. Найбільш поширеною причиною достатньо великого часу непродуктивних простоїв визнано неузгоджене підведення вагонів та суден до пунктів взаємодії. Тому для дослідження транспортних процесів у складних та великих системах за наявності значної кількості стохастичних параметрів доцільно використовувати методи імітаційного моделювання.

Мета і задачі дослідження

Припортові залізничні станції стали сполучною ланкою між мережею морського та залізничного транспорту, але з'являються нові проблеми, такі як збільшення операцій і дефіцит місць для зберігання. З метою покращення системи управління пропонується підхід, який пропонує зменшення загальних річних експлуатаційних витрат на подачу-прибирання вантажних вагонів, непродуктивних простоїв рухомого складу, та вимагає впровадження сучасних логістичних та інформаційних технологій на основі інтелектуальних транспортних систем.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішення наступні задачі: аналіз існуючої технології та інформаційного забезпечення, аналіз існуючих кількісних та якісних показників роботи полігону, розробка математичної моделі, а також обґрунтування економічної доцільності запропонованих заходів.

Об'єкт дослідження – процес взаємодії залізничного та морського транспорту.

Предмет дослідження – організація роботи припортової залізничної станції на основі інтероперабельності.

Елементи наукової новизни

Запропоновано методику моделювання і оптимізації роботи взаємодії припортової залізничної станції та порту в процесі операцій з вагонопотоком за удосконаленим критерієм. У якості критерію оптимізації режиму роботи вибрано приведені витрати, що дозволяє врахувати загальносистемний ефект. 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 містяться у джерелах [1-39], 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 кваліфікаційній роботі на розгляд було обрано полігон, де проаналізовано середньодобові обсяги роботи роздільних пунктів, як кількість поїздів по прийманню та відправленню по роздільних пунктах дирекції та кількість вагонів по місяцях, проаналізовано простій суден портів під операціями з навантаження та вивантаження.

2. Проаналізовано роботу, наведено залежність часу простою судна від кількості вантажу при навантаженні на основних портах України, обчислено групований статистичний ряд абсолютних частот, групований статистичний ряд відносних частот, полігон абсолютних частот, полігон відносних частот, гістограму відносних частот та емпіричну функцію розподілу для цих показників.

3. Запропоновано багатоцільову модель, яка об'єднує рішення щодо об'єму вагонопотоку та плану розміщення потужностей. Оскільки транспортні витрати і витрати часу мають значний вплив на вагонопотік у напрямку портів розглядаємо весь процес передачі вагонопотоку. Проблему можна сформулювати як багатопоточну мережеву задачу про потік із специфічними обмеженнями.

4. З метою використання максимальної пропускної здатності, та отримання організованого вагонопотоку, необхідно враховувати час його обробки, особливо для морських залізничних перевезень. Для цього створена імітаційна модель роботи взаємодії припортової станції і порту. Стимуляційний процес при заданих параметрах має річний час моделювання. При імітації процесу генеруються прибуття вагонів та суден, займаються ресурси, показується їх фактичне завантаження на даний модельний час, кількість генерованих заявок, пройдених заявок, в очікуванні, під обробкою, і скільки вийшло з системи. Процеси в підсистемах здійснюються паралельно,

тому ресурси використовуються одночасно. Також представлено статистику даних у процесі моделювання. Для досягнення поставленої задачі експериментального встановлення оптимальних параметрів, було зібрано статистичні дані по часу за допомогою агента «змінна». Критерієм оптимізації обрано середній (сумарний) час перебування транспортних засобів в процесі навантаження-вивантаження з урахуванням часу простою.

5. Для знаходження оптимального значення у роботі поставлено оптимізаційний експеримент. Симулювання моделі з оптимальними параметрами, представляє систему, яка працює максимально стабільно при таких параметрах, має високий рівень відмово стійкості, при цьому як результат маємо мінімізацію часу, пов'язаного з очікуванням обробки. Задача оптимізації роботи пункту взаємодії полягає в тому, щоб вибрати оптимальний режим його роботи, при якому сумарні витрати будуть мінімальні. В критерій оптимізації (приведені витрати) слід включати витрати, які залежать від параметрів терміналу, технологію функціонування якого оптимізуємо.

6. Зведені питомі витрати на оптимальну кількість оброблених вагонів та їх подачу довели ефективність запропонованої технології, яку оцінено у 1802804 грн./рік. наростаючим підсумком.

Список використаних джерел

- 1 Плахотніков Д.В. Організація роботи припортової залізничної станції на основі інтеперабельності. *Тези 84 студентської наукової-технічної конференції (11 - 12 грудня 2024 р.)*. Харків. Україна. 2024. С. 333-334. URL: https://kart.edu.ua/wp-content/uploads/2023/12/programa_sstc-83_2023.pdf.
- 2 Abu Aisha T., Ouhimmou M., & Paquet M. Optimization of Container Terminal Layouts in the Seaport—Case of Port of Montreal. *Sustainability*. 12(3). 2020. URL: <https://doi.org/10.3390/su12031165>.
- 3 Andersen J., Christiansen M., Crainic T. G., Grønhaug, R. Branch and price for service network design with asset management constraints. *Transportation Science*. Vol. 45(1). 2011. P. 33-49. URL: <https://doi.org/10.1287/trsc.1100.0333>.
- 4 Angeloudis P., Bell M. G. A review of container terminal simulation models. *Maritime Policy & Management*. Vol.38(5). 2011. P. 523-540. URL: <https://doi.org/10.1080/03088839.2011.597448>.
- 5 Bektas T., & Crainic T. G. A brief overview of intermodal transportation. In *Engineering Handbook*, edited by Teodor Crainic, Taylor and Francis Group. 2007. P. 1-23.
- 6 Chen X., He S., Li T., Li Y. A simulation platform for combined rail/road transport in multiyards intermodal terminals. *Journal of Advanced Transportation*, 2018. URL: <https://doi.org/10.1155/2018/5812939>.
- 7 Crainic T. G., Hewitt M., Toulouse M., Vu D. M. Scheduled service network design with resource acquisition and management. *EURO Journal on Transportation and Logistics*. Vol. 7(3). 2018. P. 277-309. URL: <https://doi.org/10.1007/s13676-017-0103-x>.
- 8 Dowd T. J., Leschine T. M. Container terminal productivity: a perspective. *Maritime Policy & Management*. Vol. 17(2). 1990. P. 107-112. URL: <https://doi.org/10.1080/03088839000000060>.

- 9 Erickson M. A. The Long Beach On-Dock Rail Support Facility: An Innovative Local Plan in a Complex Environment. *In Ports 2019. Port Planning and Development*, edited by American Society of Civil Engineers. 2019. P. 152-161. URL: <https://doi.org/10.1061/9780784482629.015>.
- 10 He J., Chang D., Mi W., & Yan W. A hybrid parallel genetic algorithm for yard crane scheduling. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. Vol. 46(1). 2010. P. 136-155. URL: <https://doi.org/10.1016/j.trb.2019.08.008>.
- 11 Jiang X., Lee L. H., Chew E. P., Han Y., Tan K. C. A container yard storage strategy for improving land utilization and operation efficiency in a transshipment hub port. *European Journal of Operational Research*. Vol. 221(1). 2012. P. 64-73. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.03.011>.
- 12 Jiang X. J., Jin J. G. A branch-and-price method for integrated yard crane deployment and container allocation in transshipment yards. *Transportation Research Part B: Methodological*. 2017. Vol. 98. P. 62-75. URL: <https://doi.org/10.1016/j.trb.2016.12.014>.
- 13 Jin J. G., Lee D. H., Cao J. X. Storage yard management in maritime container terminals. *Transportation Science*. Vol. 50(4). 2016. P. 1300-1313. URL: <https://doi.org/10.1287/trsc.2014.0527>.
- 14 Meng Q., & Wang X. Intermodal hub-and-spoke network design: incorporating multiple stakeholders and multi-type containers. *Transportation Research Part B: Methodological*. Vol. 45(4). 2011. P. 724-742. URL: <https://doi.org/10.1016/j.trb.2010.11.002>.
- 15 Meng Q., Weng J., Suyi L. Impact analysis of mega vessels on container terminal operations. *Transportation Research Procedia*,. Vol. 25. 2017. 187-204. URL: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.389>.
- 16 Müller M.; Gaudig S. An empirical investigation of antecedents to information exchange in supply chains. *International Journal of Production*

Research Vol. 49(6). 2011. P. 1531–1555. URL: <https://doi.org/10.1080/00207540903567317>.

17 Novitsky L., Ragozin V., Victorova, E. Integrated information system design based on the modeling of insurance business process, in *ESM 2000: European Simulation and Modeling Conference, 23–26 May 2000*. Ghent, Belgium. P. 398–400.

18 Paixão Casaca A. C., Marlow P. B. Logistics strategies for short sea shipping operating as part of multimodal transport chains. *Maritime Policy & Management: the Flagship Journal of International Shipping and Port Research* Vol. 36(1). 2009. P. 1–19. URL: <https://doi.org/10.1080/03088830802652254>.

19 Palšaitis R. Tarptautinio verslo transportinis aptarnavimas. Vilnius. Technika. 2011. 289 p. URL: <https://doi.org/10.3846/1193-S> (in Lithuanian).

20 Peng Z.-R., Yang F., Perch S. Sustainable transportation, in M. Kutz (Ed.). *Handbook of Transportation Engineering, Volume I: Systems and Operations*. 2011. 9.1–9.22.

21 Riad M., Ming Z. Challenges and opportunities in applying high-fidelity travel demand model for improved network wide traffic estimation: a review and discussion. *The Open Transportation Journal*. Vol. 8. 2014. P. 1–18. URL: <https://doi.org/10.2174/1874447801408010001>.

22 Sinkevičius G. Geležinkelių transporto plėtros internacionalizacijos procesų valdymas. *Daktaro disertacija. Vilnius: Technika*. 2017. 188 p. (in Lithuanian)

23 Sinkevičius G., Dailidka S. Railway transport in the conditions of globalization. *8th International Scientific Conference “Business and Management 2014”, 15–16 May 2014*. Vilnius. Lithuania. P. 442–451. URL: <https://doi.org/10.3846/bm.2014.053>.

24 Sinkevičius G., Jarašūnienė A. The development of railway transport in the context of international intermodal transportation, logistics and transport corridors.

Transport Means 2015: Proceedings of the 19th International Conference, 22–23 October 2015. Kaunas. Lithuania. P. 478–484.

25 Van de Velde D., Nash C., Smith A., Mizutani F., Uranishi S., Lijesen M., Zschoche F. 2012b. EVES–Rail: Economic Effects of Vertical Separation in the Railway Sector: Summary Report. 46 p. URL: http://www.cer.be/sites/default/files/publication/EVES-Rail_-_Final__v6.4.3__SUMMARY.pdf.

26 Vogt J. J., Pienaar W. J., De Wit P. W. C. *Business Logistics Management: Theory and Practice*. Oxford University Press. 2006. 392 p.

27 Yao-Rong C., Ming S., Yue C. The analysis and calculation of the cost of intermodal freight transport, in 2009. *Second International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation, 10–11 October 2011*. Changsha. Hunan.China. 2011. P. 451–454. URL: <https://doi.org/10.1109/ICICTA.2009.824>.

28 NDRC. 2019. “Guiding Opinions on Accelerating the Construction of Special Railway Lines.” Accessed September Vol. 18. 2019. URL: https://www.ndrc.gov.cn/fggz/zcssfz/zcgh/201909/t20190918_1195138.html.

29 Ng M., Talley W. K. Rail intermodal management at marine container terminals: Loading double stack trains. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. Vol. 112. 2020. P. 252-259. URL: <https://doi.org/10.1016/j.trc.2020.01.025>.

30 Petering M. E. Effect of block width and storage yard layout on marine container terminal performance. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. Vol. 45(4). 2009. P. 591-610. URL: <https://doi.org/10.1016/j.tre.2008.11.004>.

31 SteadieSeifi M., Dellaert N. P., Nuijten, W., Van Woensel T., Raoufi R. Multimodal freight transportation planning: A literature review. *European Journal of Operational Research*. Vol. 233(1). 2014. P. 1-15. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.06.055>.

- 32 Tan C., He J., & Wang Y. Storage yard management based on flexible yard template in container terminal. *Advanced Engineering Informatics* Vol. 34. 2017. P. 101-113. URL: <https://doi.org/10.1016/j.aei.2017.10.003>.
- 33 UIC. 2020. 2020 report on combined transport Program. *Accessed October* Vol. 28. 2020. URL: https://uic.org/IMG/pdf/2020_combined_transport_report_press_conference_202010230.pdf.
- 34 Wang X., & Meng Q. Discrete intermodal freight transportation network design with route choice behavior of intermodal operators. *Transportation Research Part B: Methodological*. Vol. 95. 2017. P. 76-104. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2016.11.001>.
- 35 Yan B., Zhu X., Lee D. H., Jin J. G., Wang L. Transshipment operations optimization of searail intermodal container in seaport rail terminals. *Computers & Industrial Engineering*. Vol. 141. 2020. P. 106-296. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106296>.
- 36 Yu D., Li D., Sha M., Zhang D. Carbon-efficient deployment of electric rubber-tyred gantry cranes in container terminals with workload uncertainty. *European Journal of Operational Research*. Vol. 275(2). 2019. P. 552-569. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.12.003>.
- 37 Yu H., Ge Y. E., Chen J., Luo L., Liu D., Tan C. Incorporating container location dispersion into evaluating GCR performance at a transshipment terminal. *Maritime Policy & Management*. Vol. 45(6). 2018. P. 770- 786. URL: <https://doi.org/10.1080/03088839.2017.1410243>.
- 38 Zhang W., Wang X., Yang K. Uncertain multi-objective optimization for the water-rail-road intermodal transport system with consideration of hub operation process using a memetic algorithm *Soft Computing*. Vol. 24(5). 2020. P. 3695-3709. URL: <https://doi.org/10.1007/s00500-019-04137-6>.
- 39 Zhen L., Chew E. P., & Lee L. H. 2011. An integrated model for berth template and yard template planning in transshipment hubs. *Transportation Science*. Vol. 45(4). P. 483-504. URL: <https://doi.org/10.1287/trsc.1100.0364>.