

УДК 656.61

DOI 10.47049/2226-1893-2026-1-252-263

## МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ РИЗИК-ОРІЄНТОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ПОРТОВИМИ ОПЕРАЦІЯМИ

**В.К. Прохоров**

аспірант кафедри експлуатації флоту і технології морських перевезень

ORCID ID: 0009-0002-6524-8296

**Т.І. Берневек**

к.т.н, доцент кафедри експлуатації флоту і технології морських перевезень

ORCID ID: 0000-0002-2519-9912

*Одеський національний морський університет, Одеса, Україна*

**Анотація.** У статті розглянуто методичні засади ризик-орієнтованого управління портовими операціями в умовах зростання динамічності, невизначеності та багатofакторності загроз.

Показано, що традиційні підходи до управління портовими процесами, які ґрунтуються переважно на реактивному реагуванні, не забезпечують належного рівня стійкості та адаптивності портових систем.

Обґрунтовано доцільність застосування формалізованих методів оцінки ризику як основи для підтримки прийняття управлінських рішень.

Запропоновано методичний підхід до управління портовими операціями, що базується на класифікації ризиків, кількісній та нечіткій оцінці ймовірності та наслідків небажаних подій, а також використанні матриці ризиків для ранжування сценаріїв і вибору управлінських дій.

Показано, що поєднання класичних моделей оцінки ризику з методами нечіткої логіки дозволяє враховувати високий рівень невизначеності, притаманний портовому середовищу.

Отримані результати формують методичну основу для побудови систем ризик-орієнтованого управління портовими операціями та можуть бути використані при розробленні систем підтримки прийняття рішень.

**Ключові слова:** морський транспорт, морські перевезення, транспортні системи, транспортна інфраструктура, портові операції; управління ризиками; ризик-орієнтоване управління; нечітка логіка; матриця ризиків; підтримка прийняття рішень.

© Прохоров В.К., Берневек Т.І., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)

UDC 656.61

DOI 10.47049/2226-1893-2026-1-252-263

## METHODOLOGICAL PRINCIPLES OF RISK-ORIENTED MANAGEMENT OF PORT OPERATIONS

**V. Prokhorov**

Postgraduate student of the Department of Fleet Operation and Shipping Technology

ORCID ID: 0009-0002-6524-8296

**T. Bernevek**

Candidate of Technical Sciences,

Associate Professor of the Department of Fleet Operation and Shipping Technology

ORCID ID: 0000-0002-2519-9912

*Odesa National Maritime University, Odesa, Ukraine,*

**Abstract.** *The article discusses the methodological foundations of risk-oriented management of port operations in conditions of increasing dynamism, uncertainty, and multifactorial threats. It is shown that traditional approaches to port process management, which are based mainly on reactive responses, do not provide an adequate level of stability and adaptability for port systems. The feasibility of using formalized risk assessment methods as a basis for supporting management decisions is justified. A methodological approach to port operations management is proposed, based on risk classification, quantitative and fuzzy assessment of the probability and consequences of undesirable events, as well as the use of a risk matrix for ranking scenarios and selecting management actions. The study demonstrates that the combination of classical risk assessment models with fuzzy logic methods allows for the high level of uncertainty inherent in the port environment to be taken into account. The results obtained form a methodological basis for building risk-oriented port operations management systems and can be used in the development of decision support systems.*

**Keywords:** *maritime transport, maritime transportation, transport systems, transport infrastructure, port operations; risk management; risk-oriented management; fuzzy logic; risk matrix; decision support.*

**Актуальність дослідження.** Сучасні морські порти функціонують як складні соціотехнічні системи, у яких поєднуються технічні, логістичні, енергетичні, інформаційні та соціальні процеси. Зростання обсягів вантажообігу, впровадження автоматизованих і цифрових технологій, посилення екологічних та безпекових вимог, а також вплив кліматичних і геополітичних чинників призводять до суттєвого ускладнення умов експлуатації портової інфраструктури.

У таких умовах управління портовими операціями відбувається в середовищі підвищеної невизначеності та супроводжується значною кількістю ризиків, які можуть мати технічний, логістичний, кліматичний, енергетичний, кібернетичний або соціальний характер. Реалізація навіть окремих негативних сценаріїв здатна призвести до порушення технологічних процесів, зниження пропускної спроможності, економічних втрат або виникнення аварійних ситуацій.

Традиційні підходи до управління портовими процесами, як правило, орієнтовані на реагування на вже реалізовані події та не забезпечують системного врахування ризиків на етапі прийняття управлінських рішень. У зв'язку з цим актуальною є задача переходу до ризик-орієнтованого управління, яке базується на попередній ідентифікації загроз, їх формалізованій оцінці та виборі управлінських дій з урахуванням імовірності та наслідків небажаних подій.

**Огляд літературних джерел.** Портові операції зараз стикаються з більшими оперативними труднощами через численні екологічні ризики, які включають логістичні проблеми, технічні несправності, екологічні небезпеки та загрози зміни клімату. Основним методом, що використовується для забезпечення безпеки, операційної ефективності та надійності систем у портах, є управління на основі ризиків.

У сучасних дослідженнях використовуються кількісні методи для оцінки ризиків, розробки інтелектуальних систем прийняття рішень та створення цифрових систем управління портами [1-5]. Дослідження присвячені вивченню екологічних загроз, що виникають внаслідок викидів суден та викидів CO<sub>2</sub>, а також екологічного впливу діяльності портів. Методи машинного навчання разом із техніками аналізу сценаріїв дають змогу дослідникам виявити основні фактори, що впливають на екологічну ефективність їхньої роботи [1; 3].

Управління професійними ризиками потребує переходу від традиційних до інтегрованих систем охорони праці, що враховують вплив цифровізації та автоматизації [2]. Паралельно розвиваються моделі цифрових платформ і логістичних систем, які підвищують прозорість і знижують операційні ризики [4; 5].

Зростання кліматичних і техногенних загроз стимулює впровадження сценарних і ймовірнісних підходів до оцінювання вразливості портової інфраструктури [6; 11], тоді як у сфері технологічних ризиків активно досліджуються автоматизовані термінали та автономні судна [7; 8; 10]. Окремий напрямок становлять роботи з енергетичної стійкості портів на основі робастної оптимізації енергосистем [9; 12].

Таким чином, сформовано базове наукове підґрунтя ризик-орієнтованого управління портами, однак залишається потреба в інтегрованих моделях, що об'єднують екологічні, технологічні, енергетичні та організаційні ризики в єдину систему підтримки управлінських рішень.

**Постановка проблеми.** Незважаючи на наявність значної кількості досліджень, присвячених окремим аспектам безпеки та стійкості портових систем, у практиці управління портовими операціями переважають фрагментарні підходи до оцінки ризиків. У більшості випадків аналіз ризиків здійснюється ізольовано для окремих підсистем або процесів, без урахування їх взаємозв'язків та сукупного впливу на функціонування порту в цілому.

Класичні методи управління не забезпечують достатньої гнучкості в умовах високої динаміки портового середовища та обмеженої повноти інформації. Особливої складності набуває оцінка ризиків у ситуаціях, коли статистичні дані є неповними або відсутніми, а значна частина інформації має експертний або лінгвістичний характер. У таких умовах застосування виключно детермінованих або ймовірнісних моделей є недостатнім.

Таким чином, існує науково-практична проблема розроблення єдиних методичних засад ризик-орієнтованого управління портовими операціями, які б поєднували формалізовані кількісні моделі оцінки ризику з інструментами обробки невизначеності та забезпечували обґрунтований вибір управлінських рішень. Вирішення цієї проблеми потребує розроблення алгоритму оцінки та ранжування ризиків із використанням матриці ризиків і методів нечіткої логіки як ключових інструментів підтримки прийняття рішень.

#### **Виклад основного матеріалу.**

*Методичні засади ризик-орієнтованого управління портовими операціями.* Ризик-орієнтоване управління портовими операціями розглядається як цілеспрямований процес прийняття управлінських рішень на основі формалізованої оцінки ймовірності та наслідків небажаних подій. Запропонований методичний підхід ґрунтується на поєднанні класичних моделей кількісної оцінки ризику з інструментами обробки невизначеності, що дозволяє адаптувати управління до динамічних і слабко структурованих умов портового середовища.

Ключовою ідеєю підходу є перехід від фрагментарного аналізу окремих загроз до системного управління портовими операціями з використанням інтегрованої оцінки ризику та ранжування альтернативних управлінських дій.

*Алгоритм ризик-орієнтованого управління портовими операціями.*

Запропонований алгоритм ризик-орієнтованого управління включає шість взаємопов'язаних етапів, які реалізуються циклічно з урахуванням змін зовнішніх і внутрішніх умов функціонування порту, рис. 1.

На першому етапі здійснюється виявлення потенційних загроз (ідентифікація ризиків), пов'язаних з технічними, логістичними, кліматичними, енергетичними, кібернетичними, соціальними та регуляторно-правовими чинниками. Ідентифікація ризиків базується на аналізі експлуатаційних даних, експертних оцінок і сценаріїв розвитку подій. Далі для кожного ідентифікованого ризику

визначається ймовірність його настання на основі статистичних даних або експертного оцінювання (оцінка ймовірності реалізації подій). У випадках недостатньої інформації допускається використання лінгвістичних оцінок. Наслідки реалізації ризиків оцінюються з урахуванням економічних втрат, порушення технологічних процесів, впливу на безпеку та стійкість портової інфраструктури.

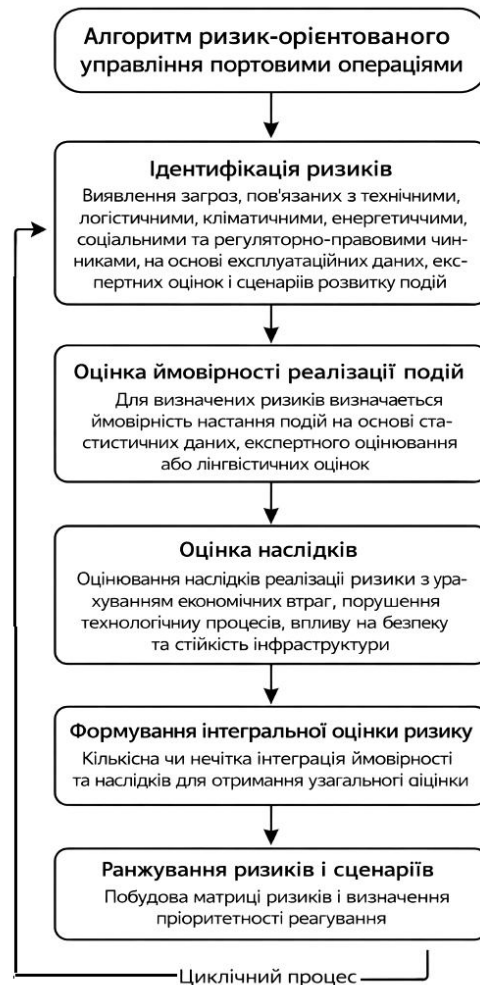


Рис. 1. Алгоритм ризик-орієнтованого управління портовими операціями

Далі формування інтегральної оцінки ризику. На цьому етапі здійснюється кількісна або нечітка інтеграція ймовірності та наслідків для отримання узагальненої оцінки ризику. Отримані оцінки (ранжування ризиків і сценаріїв) використовуються для побудови матриці ризиків і визначення пріоритетності реагування. Залежно від зони ризику формуються рекомендації щодо управлінських рішень – від моніторингу до негайного втручання. Базовою моделлю кількісної оцінки ризику в межах запропонованої методики є класична детерміновано-пропорційна модель, відповідно до якої інтегральний ризик  $R_i$  для  $i$ -ї події визначається як  $R_i = P_i \cdot C_i$ , де  $P_i$  – ймовірність настання небажаної події,  $C_i$  – тяжкість її наслідків. Для практичного застосування показники  $P_i$  та  $C_i$  можуть задаватися у вигляді дискретних шкал або нормалізованих значень у діапазоні  $[0; 1]$ . Така формалізація забезпечує порівнюваність різних сценаріїв та можливість їх ранжування.

*Використання нечіткої логіки для оцінки ризику в умовах невизначеності.*

У портовому середовищі значна частина інформації має експертний або якісний характер, що ускладнює застосування виключно кількісних моделей. Для врахування цієї особливості в межах методики застосовується апарат нечіткої логіки. Ймовірність та наслідки подій задаються у вигляді лінгвістичних змінних (наприклад, «низька», «середня», «висока»), яким відповідають функції належності. Процедура нечіткого виводу реалізується за методом Мамдані, а для отримання числової оцінки ризику застосовується дефазифікація методом центру ваги.

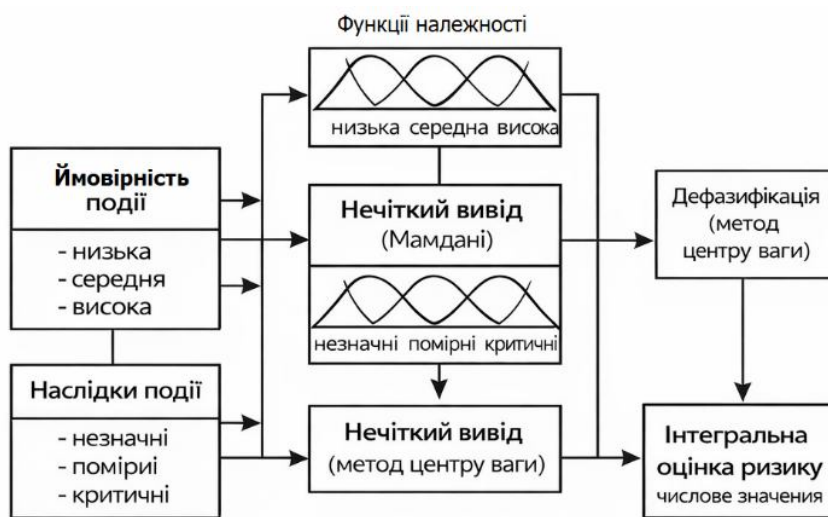


Рис. 2. Схема використання нечіткої логіки для оцінки ризику

Поєднання нечіткої та кількісної оцінки дозволяє формалізувати експертні знання, підвищити стійкість оцінки до неповноти даних та адаптувати управлінські рішення до змінних умов.

*Матриця ризиків як інструмент управлінського вибору.*

Результати оцінювання ризиків узагальнюються у вигляді матриці ризиків, яка відображає залежність між ймовірністю події та тяжкістю її наслідків. Матриця поділяється на зони допустимого, контрольованого, високого та критичного ризику, рис. 3.



Рис. 3. Матриця ризиків портових операцій

Матриця ризиків базується на поєднанні ймовірності виникнення небажаної події та тяжкості її наслідків, що дозволяє класифікувати ризики за рівнем прийнятності й необхідністю управлінського втручання. Її використання забезпечує наочну візуалізацію загроз, пріоритезацію управлінських дій і прозорість процесу прийняття рішень.

Допустимий ризик відповідає подіям із низькою ймовірністю та незначними наслідками і обмежується базовим моніторингом. Контрольований ризик виникає за середнього рівня ймовірності та потребує впровадження превентивних заходів і регулярного контролю. Так, високий ризик пов'язаний із підвищеною ймовірністю або значними наслідками та вимагає активного управління, резервування ресурсів і заходів зі зниження небезпеки. Критичний ризик відповідає середній або високій ймовірності у поєднанні з важкими наслідками та потребує негайного реагування через загрозу аварій, значних збитків і безпеці людей та довкілля.

Запропонована структура зон формалізує процес прийняття рішень у системах управління безпекою портових операцій і створює основу для розроблення адаптивних алгоритмів ризик-орієнтованого управління (табл. 1).

Таблиця 1

*Зони матриці ризиків*

Ймовірність / Наслідки	Незначні	Помірні	Критичні
Низька	Допустимий ризик	Контрольований ризик	Високий ризик
Середня	Контрольований ризик	Високий ризик	Критичний ризик
Висока	Високий ризик	Критичний ризик	Критичний ризик

Таким чином, матриця ризиків виступає не лише аналітичним, але й практичним інструментом ризик-орієнтованого управління портовими операціями.

**Результати та обговорення.** Запропоновані методичні засади ризик-орієнтованого управління портовими операціями формують системний підхід до прийняття рішень в умовах багатовимірних ризиків і невизначеності. На відміну від традиційних підходів, орієнтованих на окремі аспекти безпеки або реактивне реагування, розроблена методика інтегрує ідентифікацію, оцінку та ранжування ризиків у єдиний формалізований алгоритм. Поєднання класичної кількісної моделі з апаратом нечіткої логіки забезпечує прозорість і порівнюваність результатів, а також розширює можливості аналізу в умовах неповної або якісної інформації, характерної для портового середовища. Такий підхід дозволяє формалізувати експертні знання та зменшити суб'єктивність управлінських рішень.

Матриця ризиків виступає інструментом інтеграції результатів оцінювання у практику управління, забезпечуючи наочне представлення загроз і пріоритезацію управлінських дій з урахуванням допустимого рівня ризику та ресурсних обмежень. Це сприяє переходу від інтуїтивного до формалізованого прийняття рішень. Ефективність методики залежить від якості вхідних даних та обґрунтованості експертних оцінок, що потребує розвитку інформаційної інфраструктури портів і регулярного оновлення параметрів оцінювання. Методика розглядається як інструмент підтримки прийняття рішень і не замінює роль фахівців.

Отримані результати підтверджують доцільність застосування ризик-орієнтованого підходу для підвищення стійкості портових операцій. Подальші дослідження доцільно спрямувати на адаптацію методики до мультипортових мереж, інтеграцію економічних та екологічних критеріїв і її апробацію в реальних умовах функціонування портів.

**Висновки.** У статті розроблено методичні засади ризик-орієнтованого управління портовими операціями, що забезпечують системний підхід до прий-

няття управлінських рішень з урахуванням імовірності та наслідків небажаних подій. Запропоновано алгоритм ризик-орієнтованого управління, який включає етапи ідентифікації ризиків, оцінки ймовірності та наслідків, інтегральної оцінки, ранжування сценаріїв і вибору управлінських дій. Обґрунтовано застосування класичної кількісної моделі оцінки ризику як базового інструменту формалізації, а також показано доцільність використання методів нечіткої логіки для врахування невизначеності та експертних оцінок. Матриця ризиків визначена як ключовий інструмент підтримки прийняття рішень, що забезпечує візуалізацію рівнів загроз і пріоритезацію управлінських дій у портових операціях. Отримані результати створюють методичну основу для розроблення систем підтримки прийняття рішень у портовому середовищі та можуть бути використані при впровадженні ризик-орієнтованих підходів до управління стійкістю портової інфраструктури.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Su, M., Li, J., & Kim, W. (2025). Port ship congestion and Port-oriented cities air pollution: The role of machine learning models in transportation environmental governance. *Transport Policy*, 171, P. 896-915. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2025.07.023>.
2. Gonçalves, A., Dutra, A., & Mussi, C.C. (2025). Occupational risks and health and safety management strategies in the port sector: A systematic literature review. *Safety Science*, 184, 106767. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2024.106767>.
3. Zhai, W., Zeng, Q., & Wang, L. (2025). Configurational pathways to port environmental efficiency: An fsQCA-NCA analysis of CO<sub>2</sub> reduction drivers in port management. *Regional Studies in Marine Science*, 92, 104618. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2025.104618>.
4. Januarsi, Y., Irman, A., & Ridwan, A. (2025). Integrated port governance and digitalization system: A model for boosting port logistics performance. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*. <https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2025.12.002>.
5. Novaes Mathias, T., Gomes, J.M.L., Zanezi, A.C., Botter, R.C., & De Oliveira Mota, D. (2026). Maritime logbooks as strategic infrastructure: Policy, technology, and the future of port operations. *Marine Policy*, 185, 106975. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2025.106975>.
6. Fernandez-Perez, A., Lara, J.L., & Losada, I.J. (2025). Flexible adaptation strategies for managing compound climate change risks in port infrastructures. *Coastal Engineering*, 202, 104844. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2025.104844>.

7. Othman, M.K., Mohd Sabri, N.S.A., Abdul Rahman, N.S.F., & Osnin, N.A. (2025). Port operators' perceptions and acceptance of maritime autonomous surface ships (MASS) operations: Insights from Malaysia. *Case Studies on Transport Policy*, 22, 101567. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2025.101567>.
8. Deng, W., Ma, X., & Qiao, W. (2025). Resilience-oriented safety barrier performance assessment in maritime operational risk management. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 139, 104581. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2024.104581>.
9. Ma, W., Tang, D., Dong, M., Arasteh, H., & Guerrero, J.M. (2025). Coordinated robust configuration of soft open point and energy storage systems for resilience enhancement of integrated multi-energy system at ports. *Applied Energy*, 401, 126644. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2025.126644>.
10. Wang, S., Wang, H., Xue, G., Han, Y., Qin, Q., Zhang, L., & Ma, X. (2024). Correlation analysis of failure risk factors in automated container port logistics systems from a resilience perspective. *Journal of Sea Research*, 202, 102552. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2024.102552>.
11. Lucio, D., Lara, J., Tomás, A., & Losada, I. (2024). Probabilistic assessment of climate-related impacts and risks in ports. *Reliability Engineering & System Safety*, 251, 110333. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2024.110333>.
12. Lei, H., Ren, X., Chen, J., & Ma, Y. (2025). Multi-criteria optimization of methanol-based energy systems in ports using PMPEF-TOPSIS: A path to sustainable and efficient operations. *Journal of Cleaner Production*, 538, 147366. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.147366>.
13. Onyshchenko, S., Melnyk, O. (2022) «Efficiency of Ship Operation in Transportation of Oversized and Heavy Cargo by Optimizing the Speed Mode Considering the Impact of Weather Conditions» *Transport and Telecommunication Journal*, vol.23, no.1, P.73-80. <https://doi.org/10.2478/ttj-2022-0007>.
14. Melnyk, O., Bychkovsky, Y., Voloshyn, A. (2022) Maritime situational awareness as a key measure for safe ship operation. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*. 114, 91-101. ISSN: 0209-3324. <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2022.114.8>.
15. Onyshchenko, S., Berestenko, V., Melnyk, O., Onishchenko, O., Fomin, O., Kravchenko, O., Demidiuk, O. Integrated optimization models for carrier selection and route planning in multimodal transport systems. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*. 2024, 125, 213-228. ISSN: 0209-3324. DOI: <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2024.125.14>.

## REFERENCES

1. Su, M., Li, J., & Kim, W. (2025). Port ship congestion and Port-oriented cities air pollution: The role of machine learning models in transportation environmental governance. *Transport Policy*, 171, P. 896-915. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2025.07.023>.
2. Gonçalves, A., Dutra, A., & Mussi, C.C. (2025). Occupational risks and health and safety management strategies in the port sector: A systematic literature review. *Safety Science*, 184, 106767. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2024.106767>.
3. Zhai, W., Zeng, Q., & Wang, L. (2025). Configurational pathways to port environmental efficiency: An fsQCA-NCA analysis of CO<sub>2</sub> reduction drivers in port management. *Regional Studies in Marine Science*, 92, 104618. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2025.104618>.
4. Januarsi, Y., Irman, A., & Ridwan, A. (2025). Integrated port governance and digitalization system: A model for boosting port logistics performance. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*. <https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2025.12.002>.
5. Novaes Mathias, T., Gomes, J.M.L., Zanezi, A.C., Botter, R.C., & De Oliveira Mota, D. (2026). Maritime logbooks as strategic infrastructure: Policy, techno-logy, and the future of port operations. *Marine Policy*, 185, 106975. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2025.106975>.
6. Fernandez-Perez, A., Lara, J.L., & Losada, I.J. (2025). Flexible adaptation strategies for managing compound climate change risks in port infrastructures. *Coastal Engineering*, 202, 104844. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2025.104844>.
7. Othman, M.K., Mohd Sabri, N.S.A., Abdul Rahman, N.S.F., & Osnin, N.A. (2025). Port operators' perceptions and acceptance of maritime autonomous surface ships (MASS) operations: Insights from Malaysia. *Case Studies on Transport Policy*, 22, 101567. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2025.101567>.
8. Deng, W., Ma, X., & Qiao, W. (2025). Resilience-oriented safety barrier performance assessment in maritime operational risk management. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 139, 104581. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2024.104581>.
9. Ma, W., Tang, D., Dong, M., Arasteh, H., & Guerrero, J.M. (2025). Coordinated robust configuration of soft open point and energy storage systems for resilience enhancement of integrated multi-energy system at ports. *Applied Energy*, 401, 126644. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2025.126644>.

10. Wang, S., Wang, H., Xue, G., Han, Y., Qin, Q., Zhang, L., & Ma, X. (2024). Correlation analysis of failure risk factors in automated container port logistics systems from a resilience perspective. *Journal of Sea Research*, 202, 102552. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2024.102552>.
11. Lucio, D., Lara, J., Tomás, A., & Losada, I. (2024). Probabilistic assessment of climate-related impacts and risks in ports. *Reliability Engineering & System Safety*, 251, 110333. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2024.110333>.
12. Lei, H., Ren, X., Chen, J., & Ma, Y. (2025). Multi-criteria optimization of methanol-based energy systems in ports using PMPEF-TOPSIS: A path to sustainable and efficient operations. *Journal of Cleaner Production*, 538, 147366. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.147366>.
13. Onyshchenko, S., Melnyk, O. (2022) «Efficiency of Ship Operation in Transportation of Oversized and Heavy Cargo by Optimizing the Speed Mode Considering the Impact of Weather Conditions» *Transport and Telecommunication Journal*, vol.23, no.1, P. 73-80. <https://doi.org/10.2478/ttj-2022-0007>.
14. Melnyk, O., Bychkovsky, Y., Voloshyn, A. (2022) Maritime situational awareness as a key measure for safe ship operation. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*. 114, P. 91-101. ISSN: 0209-3324. <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2022.114.8>.
15. Onyshchenko, S., Berestenko, V., Melnyk, O., Onishchenko, O., Fomin, O., Kravchenko, O., Demidiuk, O. Integrated optimization models for carrier selection and route planning in multimodal transport systems. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*. 2024, 125, 213-228. ISSN: 0209-3324. DOI: <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2024.125.14>.

Дата надходження статті: 20.01.2026

Дата прийняття статті: 19.02.2026

Дата публікації статті: 02.04.2026