

УДК 005.8:656.615:658.562
DOI [https://doi.org/10.15589/znp2026.2\(505\).27](https://doi.org/10.15589/znp2026.2(505).27)

CONCEPTUAL MODEL OF RISK-ORIENTED PROJECT MANAGEMENT FOR PORT COMPETITIVENESS ENHANCEMENT

КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ РИЗИКО-ОРІЄНТОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ ПІДВИЩЕННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ПОРТІВ

Varvara M. Piterska
varuwa@ukr.net
ORCID: 0000-0001-5849-9033

В. М. Пітерська,
докт. техн. наук, професор

Odesa National Maritime University, Odesa
Одеський національний морський університет, м. Одеса

Abstract. The article examines the risk management mechanism in seaport modernization projects. The problem of managing the systemic relationship between project risks and port service quality parameters is formulated.

Purpose. The purpose of the research is to develop a conceptual model of risk-oriented management for seaport competitiveness enhancement projects.

Method. The research employs systems analysis to examine the structure and interrelationships of the elements within the risk management system for port competitiveness enhancement projects, the expert evaluation method to determine the weighting coefficients of stakeholder requirements, the quality function deployment method to construct the House of Quality model, and quantitative risk analysis to assess the probability and consequences of identified risks in port development projects.

Results. The research established a system of stakeholder requirements for seaport competitiveness enhancement projects, constructed a relationship matrix between stakeholder requirements and project technical characteristics, and formulated a conceptual model for risk minimization in port competitiveness enhancement projects.

Scientific novelty. For the first time, an adjusted risk value formula has been proposed that integrates the absolute priority of a port development project technical characteristic and a normalized risk indicator into a single quantitative expression. This enables the transformation of a static quality function deployment matrix into a risk-oriented decision-making model for resource allocation in seaport competitiveness enhancement projects.

Practical importance. The conceptual model was validated on eight technical characteristics and sixteen risks of a seaport modernization project. The quantitative results obtained enable project teams of port operators to justify the implementation sequence of infrastructure components and to allocate the threat mitigation budget effectively.

Key words: risk; port; project management; stakeholder; transport; competitiveness; quality management.

Анотація. У статті досліджено механізм управління ризиками при реалізації проєктів модернізації порту. Поставлено проблему управління системним зв'язком між ризиками проєкту та параметрами якості портових послуг.

Мета дослідження полягає у розробці концептуальної моделі ризико-орієнтованого управління проєктами підвищення конкурентоспроможності морських портів.

Методика. У дослідженні використано метод системного аналізу для дослідження структури та взаємозв'язків елементів системи управління ризиками проєктів підвищення конкурентоспроможності портів, метод експертних оцінок для визначення вагових коефіцієнтів вимог стейкхолдерів, метод розгортання функції якості для побудови моделі «Будинок якості», кількісний аналіз ризиків для оцінки ймовірності та наслідків ідентифікованих ризиків проєктів розвитку портів.

Результати. У дослідженні встановлено систему вимог стейкхолдерів до проєктів підвищення конкурентоспроможності морських портів, побудована матриця взаємозв'язків між вимогами стейкхолдерів та технічними характеристиками проєкту, сформовано концептуальну модель мінімізації ризиків у проєктах підвищення конкурентоспроможності портів.

Наукова новизна. Уперше запропоновано формулу скоригованої величини ризику, що інтегрує абсолютну пріоритетність технічної характеристики проєкту розвитку порту та нормалізований показник ризику в єдиному кількісному вираженні. Це дозволяє трансформувати статичну матрицю розгортання функції якості у ризико-орієнтовану модель прийняття рішень щодо розподілу ресурсів проєкту підвищення конкурентоспроможності порту.

Практична значимість. Концептуальна модель апробована на вісьмох технічних характеристиках та шістнадцяти ризиках проекту модернізації морського порту. Отримані кількісні результати дають змогу проектним командам портових операторів обґрунтовано визначати послідовність реалізації інфраструктурних компонентів та ефективно розподіляти бюджет на мінімізацію загроз.

Ключові слова: ризик; порт; управління проектами; стейкхолдер; транспорт; конкурентоспроможність; управління якістю.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

У сучасних умовах динамічних змін у системах доставки вантажів при оперуванні зовнішньоторговельними вантажопотоками, морські торговельні порти виступають ключовими вузлами міжнародних транспортно-логістичних ланцюгів. Глобалізація світової торгівлі, зростання контейнеризації вантажів, підвищення вимог до швидкості обробки суден та екологічної безпеки портових операцій формують нові виклики для портового менеджменту. В цих умовах реалізація проектів підвищення конкурентоспроможності морських портів стає стратегічним пріоритетом, що потребує застосування сучасних інструментів проектного управління.

Проекти підвищення конкурентоспроможності портів належать до категорії складних мультидисциплінарних проектів, що характеризуються високим рівнем невизначеності, значною кількістю стейкхолдерів, масштабними капітальними інвестиціями та тривалими термінами реалізації. Специфіка таких проектів зумовлює підвищені вимоги до системи управління ризиками, яка має забезпечувати не лише ідентифікацію та оцінку потенційних загроз, але й їх системну пріоритизацію з урахуванням вимог якості портових послуг.

Традиційні підходи до управління ризиками проектів, засновані на класичних методах імовірного аналізу, часто не враховують специфіку транспортних проектів та не забезпечують зв'язок між ризиками проекту та параметрами якості кінцевого продукту – портової послуги. Це призводить до неефективного розподілу ресурсів на мінімізацію ризиків та, як наслідок, до зниження результативності проекту в цілому. Виникає об'єктивна потреба в розробці інтегрованого підходу, який поєднує інструменти управління ризиками з методологією управління якістю.

Модель «Будинок якості» (House of Quality, HoQ), що є центральним елементом методології розгортання функції якості (QFD), являє собою потужний аналітичний інструмент, який дозволяє трансформувати вимоги споживачів у технічні характеристики продукту або послуги. Адаптація цієї моделі для цілей управління ризиками проектів підвищення конкурентоспроможності портів дозволяє встановити кількісний зв'язок між очікуваннями стейкхолдерів, технічними параметрами проекту та виникаючими ризиками, що створює підґрунтя для науково обґрунтованого прийняття рішень щодо пріоритизації та мінімізації ризиків.

Таким чином, задача дослідження полягає в розробці концептуального підходу до управління ризиками

проектів підвищення конкурентоспроможності морських портів з використанням моделі «Будинок якості», що дозволить підвищити ефективність проектного управління в портовій галузі шляхом системної інтеграції процесів управління ризиками та управління якістю.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Проблематика управління ризиками проектів розвитку транспортної інфраструктури та підвищення конкурентоспроможності портів досліджується у працях вітчизняних та зарубіжних науковців з різних методологічних позицій.

Фундаментальні засади управління проектами та проектними ризиками висвітлено у працях професорів Бушуєва С. Д., Гогунського В. Д., Чернова С. К., Чумаченка І. В., Зачка О. Б., [1–5], які сформували теоретико-методологічну базу проектного менеджменту в Україні. У цих дослідженнях розвинуто концепцію проектно-орієнтованого управління проектами, обґрунтовано методологію рефлексивного управління портфелями проектів та наведено особливості управління проектами в морській галузі, включаючи проблеми розвитку суднобудівних підприємств та портової інфраструктури.

Питання конкурентоспроможності морських портів розглядались у дослідженнях професорів Нотебома Т., Шахова А. В., Кириллової О. В., Пітерської В. М., доцентів Кириллової В. Ю., Самойловської В. П. [6–10], в яких обґрунтовано системний підхід до оцінки конкурентних переваг портів з урахуванням логістичних факторів, проаналізовано маркетингові аспекти формування конкурентоспроможності портових операторів.

В роботах вчених Белоусової К., Мартинез-Мойа Дж., Калужа О., Глушка Г. [11–14] сформовано сучасну методологію оцінки портової конкурентоспроможності, засновану на концепції портових кластерів та мережевої взаємодії учасників ланцюгів постачань.

Сучасний стан розвитку методології розгортання функції якості представлено у працях Карневаллі Дж., Гаргами Г., Дінга Дж. [15–17], які обґрунтували різні модифікації моделі «Будинок якості» для різних галузей застосування. Питання адаптації даної методології для транспортної галузі досліджувались у роботах Алісеса А., Нагі А. [18, 19].

Інтеграція методів управління якістю та управління ризиками досліджувалась у працях професорів Бушуєва С. Д., Онищенко С. П., Бондар А. В. [20, 21], які запропонували модифікований підхід до

методології розгортання функції якості з урахуванням ризиків, а також у роботах професорів Тригуби А. М. та доцента Кобилкіна Д. С. [22, 23], що розробили нечітку модель для управління ризиками складних технічних систем. Застосування методології розгортання функції якості у морській галузі розглядалось у дослідженнях вчених Шахова А. В., Танаки Х. та Шерстюк О. І. [24, 25], в яких адаптовано модель HoQ для оцінки безпеки морських операцій.

Управління ризиками транспортних проєктів досліджено у працях Мелендеза Є., Бондаревої І. О., Палліса П., Кунанець Н. Е., Ратушного Р. Т. [26–30], де обґрунтовано методику оцінки ризиків інвестиційних проєктів розвитку транспортної інфраструктури. У дослідженні професорів Ванга Б. та Чіна К. [31] запропонована концепція інноваційного розвитку транспортного комплексу з урахуванням ризиків зовнішнього середовища. Кількісній оцінці ризиків портових проєктів присвячено роботи вчених Кадіра З., Вікасоно А. та Дуру О. [32–34].

ВІДОКРЕМЛЕННЯ НЕВИРІШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ

Аналіз наукових джерел свідчить, що незважаючи на значний обсяг досліджень з управління ризиками проєктів та конкурентоспроможності портів, залишається невирішеною низка важливих наукових і практичних питань. Існуючі підходи до управління ризиками портових проєктів переважно ґрунтуються на класичних методах імовірного аналізу (метод Монте-Карло, дерева рішень, аналіз чутливості) і не забезпечують системного зв'язку між ризиками проєкту та параметрами якості портових послуг. Це призводить до фрагментарності ризик-менеджменту та неможливості комплексної оцінки впливу ризиків на конкурентоспроможність порту.

Наявні модифікації QFD орієнтовані переважно на виробничу сферу та не враховують специфіку транспортних проєктів, зокрема: мультимодальність, взаємозалежність інфраструктурних та операційних ризиків, вплив зовнішніх регуляторних факторів ІМО та екологічних стандартів, а також динамічний характер конкурентного середовища.

Слід зазначити, що потребує удосконалення математичний апарат для кількісної оцінки пріоритетності ризиків портових проєктів з урахуванням ступеня їх впливу на задоволення вимог стейкхолдерів, що ускладнює прийняття обґрунтованих управлінських рішень щодо розподілу ресурсів на мінімізацію ризиків. Актуальним залишається розробка методики побудови кореляційної матриці взаємозв'язків між технічними характеристиками проєкту підвищення конкурентоспроможності порту, що дозволить виявити позитивні та негативні взаємодії між параметрами проєкту та відповідними ризиками, а також сформувати комплекс заходів з мінімізації ризиків з урахуванням обмежених ресурсів проєкту.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Мета дослідження полягає у розробці концептуальної моделі ризико-орієнтованого управління проєктами підвищення конкурентоспроможності морських портів. Для досягнення поставленої мети поставлені наступні завдання: визначити систему вимог стейкхолдерів до проєктів підвищення конкурентоспроможності морських портів, побудувати матрицю взаємозв'язків між вимогами стейкхолдерів та технічними характеристиками проєкту, розробити математичний апарат для кількісної оцінки пріоритетності ризиків, сформувати концептуальну модель мінімізації ризиків у проєктах підвищення конкурентоспроможності портів.

МЕТОДИ, ОБ'ЄКТ ТА ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ

У дослідженні використано метод системного аналізу для дослідження структури та взаємозв'язків елементів системи управління ризиками проєктів розвитку портів, метод експертних оцінок для визначення вагових коефіцієнтів вимог стейкхолдерів та оцінки сили взаємозв'язків у матриці «Будинок якості», метод аналізу ієрархій Т. Сааті для пріоритизації вимог стейкхолдерів, метод розгортання функції якості для побудови моделі «Будинок якості» та визначення пріоритетності технічних характеристик проєкту, кількісний аналіз ризиків для оцінки ймовірності та наслідків ідентифікованих ризиків проєктів розвитку портів.

Об'єктом дослідження є процеси управління ризиками проєктів підвищення конкурентоспроможності морських портів.

Предметом дослідження є моделі, методи та інструменти управління ризиками проєктів підвищення конкурентоспроможності морських портів з використанням методології розгортання функції якості.

ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ

Дослідження направлено на встановлення кількісного зв'язку між трьома ключовими компонентами: вимогами стейкхолдерів до конкурентоспроможності порту, технічними характеристиками проєкту, що забезпечують виконання цих вимог, та ризиками у проєктах підвищення конкурентоспроможності портів.

Модель «Будинок якості» HoQ для управління ризиками проєкту розвитку порту складається з шести основних компонентів: лівої стіни (вимоги стейкхолдерів та їх пріоритетність), стелі (технічні характеристики проєкту), центральної матриці (взаємозв'язки між вимогами та технічними характеристиками), даху (кореляційна матриця взаємозв'язків між технічними характеристиками), правої стіни (оцінка конкурентних позицій), підвалу (абсолютна та відносна пріоритетність технічних характеристик з урахуванням ризиків).

Принципова відмінність запропонованої моделі від класичної HoQ полягає в інтеграції ситуації ризику, яка трансформує матрицю взаємозв'язків

з урахуванням наслідків від настання ризикових подій. Це дозволяє отримати ризик-орієнтовану модель оцінки характеристик проекту розвитку порту та сформулювати обґрунтований план управління ризиками.

Приймаємо, що ключовими стейкхолдерами проекту підвищення конкурентоспроможності морського порту є судноплавні компанії (вимоги щодо глибини акваторії, швидкості обробки суден, наявності сучасного перевантажувального обладнання), вантажовласники та транспортно-експедиторські компанії (вимоги щодо збереження вантажів, тарифної конкурентоспроможності, інформаційного забезпечення), державні органи (вимоги щодо до екологічної безпеки, дотримання міжнародних стандартів, поповнення Державного бюджету), інвестори (вимоги до окупності інвестицій, прозорості управління), місцеві громади (вимоги до зайнятості, екологічного впливу, соціальної відповідальності).

За результатами обробки матриці парних порівнянь на основі методу аналізу ієрархій Т. Сааті визначено вагові коефіцієнти вимог стейкхолдерів (табл. 1).

Наступним етапом побудови моделі НоQ є визначення технічних характеристик проекту підвищення конкурентоспроможності порту, що забезпечують виконання вимог стейкхолдерів. Технічні характеристики формують «стелю» будинку якості та являють собою вимірювані параметри проекту, на які проектна команда може безпосередньо впливати. На основі декомпозиції вимог стейкхолдерів ідентифіковано такі технічні характеристики проекту модернізації порту (табл. 2).

Враховуючи проведені дослідження, будемо матрицю взаємозв'язків (табл. 3), яка відображає ступінь впливу кожної технічної характеристики проекту розвитку порту на задоволення відповідної вимоги стейкхолдерів.

Для оцінки сили взаємозв'язків використано стандартну шкалу QFD: 9 – сильний зв'язок, 3 – середній зв'язок, 1 – слабкий зв'язок, 0 – зв'язок відсутній.

Абсолютна пріоритетність j -ї ($j = 1, \dots, m$) технічної характеристики проекту розвитку порту розраховується як сума добутків вагових коефіцієнтів вимог стейкхолдерів w_i ($i = 1, \dots, n$) на відповідні значення матриці взаємозв'язків між i -ю ($i = 1, \dots, n$) вимогою та j -ю ($j = 1, \dots, m$) технічною характеристикою проекту підвищення конкурентоспроможності порту:

$$G_j = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (w_i r_{ij}). \quad (1)$$

Відносна пріоритетність L_j , ($j = 1, \dots, m$) визначається як частка абсолютної пріоритетності у загальній сумі. Результати розрахунків наведено в табл. 4.

Результати розрахунків свідчать, що найбільш пріоритетними технічними характеристиками проекту є С2 (перевантажувальне обладнання), С4 (автоматизація процесів), С7 (впровадження інформаційної системи) та С1 (дноглиблення). Саме ці компоненти проекту мають найбільший вплив на задоволення

Таблиця 1. Ранжування вимог стейкхолдерів проекту

	Вимога стейкхолдерів	Група стейкхолдерів	Ваговий коефіцієнт, w_i	Ранг
D1	Достатня глибина підхідного каналу та акваторії	Судноплавні компанії	0,142	1
D2	Висока інтенсивність обробки суден	Судноплавні компанії	0,128	2
D3	Збереження вантажів при перевалці	Вантажовласники	0,115	3
D4	Конкурентний рівень портових зборів	Вантажовласники	0,108	4
D5	Наявність ефективної взаємодії учасників системи доставки вантажів	Транспортно-експедиторські компанії	0,098	5
D6	Відповідність екологічним стандартам	Державні органи	0,092	6
D7	Інформаційне забезпечення та цифровізація	Вантажовласники	0,085	7
D8	Окупність інвестицій	Інвестори	0,078	8
D9	Дотримання міжнародних стандартів	Державні органи	0,072	9
D10	Створення робочих місць	Місцеві громади	0,052	10

Таблиця 2. Технічні характеристики проекту підвищення конкурентоспроможності порту

	Технічна характеристика	Опис	Показник
C1	Днопоглиблення	Збільшення глибини каналу	Глибина, м
C2	Перевантажувальне обладнання	Придбання додаткових кранів	Продуктивність, конт/год
C3	Причальна інфраструктура	Подовження причалів	Довжина, м
C4	Автоматизація процесів	Впровадження автоматизованої системи управління	Рівень автоматизації, %
C5	Залізничне сполучення	Будівництво додаткових залізничних колій	Пропускна здатність, вагонів/добу
C6	Екологічна модернізація	Берегове електропостачання суден	Зниження викидів, %
C7	Інформаційна система	Впровадження портової інформаційної системи	Час оформлення, год
C8	Складська інфраструктура	Будівництво складу тимчасового зберігання	Ємність, TEU

Таблиця 3. Матриця взаємозв'язків

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
D1	9	1	3	0	0	1	0	0
D2	3	9	3	9	1	0	3	1
D3	0	3	1	3	0	0	1	9
D4	1	3	1	3	3	0	3	1
D5	0	1	1	1	9	0	3	3
D6	1	0	0	1	0	9	1	0
D7	0	3	0	9	1	1	9	0
D8	1	3	1	3	3	1	3	3
D9	1	1	0	3	0	3	3	1
D10	1	1	3	1	3	0	0	3

Таблиця 4. Пріоритетність технічних характеристик проекту розвитку порту

	Технічна характеристика	G_j	$L_j, \%$	Ранг
C1	Днопоглиблення	2,064	11,8	4
C2	Перевантажувальне обладнання	3,181	18,2	1
C3	Причальна інфраструктура	1,507	8,6	8
C4	Автоматизація процесів	2,935	16,8	2
C5	Залізничне сполучення	1,824	10,4	6
C6	Екологічна модернізація	1,557	8,9	7
C7	Інформаційна система	2,438	13,9	3
C8	Складська інфраструктура	1,977	11,3	5
	Усього	17,483	100,0	

вимог стейкхолдерів та, відповідно, на підвищення конкурентоспроможності порту.

«Дах» НоQ являє собою кореляційну матрицю, що відображає взаємозв'язки між технічними характеристиками проекту підвищення конкурентоспроможності порту. Ці взаємозв'язки можуть бути позитивними, коли покращення однієї характеристики сприяє покращенню іншої, або негативними, коли покращення однієї характеристики ускладнює досягнення цільових значень іншої.

Для оцінки взаємозв'язків використано шкалу: «++» – сильний позитивний зв'язок; «+» – помірний позитивний зв'язок; «0» – зв'язок відсутній; «-» – помірний негативний зв'язок; «--» – сильний негативний зв'язок. Результати побудови кореляційної матриці наведено в табл. 5.

Аналіз кореляційної матриці виявив низку важливих взаємозалежностей. Найбільш виражений позитивний зв'язок спостерігається між C2 (перевантажувальне обладнання) та C4 (автоматизація) – впровадження автоматизованої системи управління суттєво підвищує ефективність використання кранового обладнання; між C3 (причальна інфраструктура) та C1 (днопоглиблення) – подовження причалів вимагає відповідного поглиблення акваторії; C5 (залізничне сполучення) та C8 (складська інфраструктура) – розширення залізничних потужностей збільшує потребу у складських площах.

Наступним етапом є розробка концептуальної моделі інтеграції системи управління ризиками

Таблиця 5. Кореляційна матриця в моделі НоQ проекту розвитку порту

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
C1	—	+	++	0	0	+	0	0
C2	+	—	++	++	+	0	+	+
C3	++	++	—	+	+	0	0	+
C4	0	++	+	—	+	0	++	+
C5	0	+	+	+	—	0	+	++
C6	+	0	0	0	0	—	+	0
C7	0	+	0	++	+	+	—	+
C8	0	+	+	+	++	0	+	—

у модель НоQ у проектах підвищення конкурентоспроможності портів.

Для кожної технічної характеристики проекту розвитку порту ідентифіковано ризики, оцінено ймовірність ризиків (P_z , ($z = 1, \dots, k$)) та вплив (V_z , ($z = 1, \dots, k$)) за п'ятибальною шкалою.

Величина ризику для j -ої ($j = 1, \dots, m$) технічної характеристики проекту розвитку порту розраховується з урахуванням кількості ризиків, які викликає j -а технічна характеристика:

$$R_j = \frac{\sum_{z=1}^k (P_z V_z)}{S_j}, (j = 1, \dots, m). \quad (2)$$

Тоді скоригована величина ризику проекту підвищення конкурентоспроможності з урахуванням максимального значення показника ризику серед усіх технічних характеристик порту $R_{\max}$ у проєкті визначається за формулою:

$$G_j^{\text{risk}} = G_j \left(1 + \frac{R_j}{R_{\max}} \right), (j = 1, \dots, m). \quad (3)$$

Нормалізація показника ризику проекту розвитку порту через $R_{\max}$ забезпечує приведення ризикової компоненти до діапазону $[0; 1]$, що дозволяє коректно порівнювати скориговані величини ризику з урахуванням пріоритетності.

Розподіл ризиків проведений за такою шкалою: критичний ризик – $P_z x V_z \geq 15$; суттєвий ризик – $10 \leq P_z x V_z < 15$; помірний ризик – $5 \leq P_z x V_z < 10$; незначний ризик – $P_z x V_z < 5$ ($z = 1, \dots, k$).

Результати оцінки ризиків для кожної технічної характеристики проекту підвищення конкурентоспроможності порту наведено в табл. 6.

На основі даних табл. 6 розрахуємо величину показника ризику R_j для j -ої технічної характеристики за формулою (2) та скориговану величину ризику G_j^{risk} проекту підвищення конкурентоспроможності за формулою (3) ($j = 1, \dots, m$). Результати представимо у табл. 7.

Порівняння базової та скоригованої величини ризику з урахуванням її пріоритетності дозволяє виявити важливі зміщення у пріоритетах. Зокрема, причальна інфраструктура (C3) піднялась з 8 на 7 місце завдяки високому ризику $R_j = 12,5$, що зумовлено

Таблиця 6. Результати оцінки ризиків у проєкті підвищення конкурентоспроможності порту

Ризик	Технічна характеристика	Опис ризику	P_z	V_z	$P_z \times V_z$	Категорія ризику
R1	C1	Непередбачені геологічні умови дна	4	5	20	Критичний
R2	C1	Затримка екологічної експертизи днопоглиблення	3	4	12	Суттєвий
R3	C2	Затримка поставки перевантажувального обладнання	3	5	15	Критичний
R4	C2	Невідповідність обладнання технічним вимогам	2	5	10	Суттєвий
R5	C3	Перевищення кошторису будівельних робіт	4	4	16	Критичний
R6	C3	Вплив погодних умов на терміни будівництва	3	3	9	Помірний
R7	C4	Складність інтеграції автоматизованої системи управління з існуючими системами	4	4	16	Критичний
R8	C4	Опір персоналу впровадженню автоматизації	3	3	9	Помірний
R9	C5	Узгодження з Укрзалізницею (нормативні бар'єри)	4	4	16	Критичний
R10	C5	Обмеження земельних ділянок для будівництва	3	4	12	Суттєвий
R11	C6	Зміна екологічного законодавства	2	3	6	Помірний
R12	C6	Технічна складність підключення інформаційної системи	3	3	9	Помірний
R13	C7	Кібербезпека інформаційної системи	3	5	15	Критичний
R14	C7	Недостатня готовність контрагентів до інтеграції	3	3	9	Помірний
R15	C8	Зростання вартості будівельних матеріалів	4	3	12	Суттєвий
R16	C8	Невідповідність проєктної документації	2	4	8	Помірний

критичним ризиком непередбаченого перевищення кошторису будівельних робіт. Залізничне сполучення (C5) також підвищило свій ранг з 6 на 5 місце внаслідок значних регуляторних ризиків. Натомість екологічна модернізація (C6), що має відносно низьку величину ризику ($R_j = 7,5$), знизилася до останнього місця.

ОБГОВОРЕННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Результати проведеного дослідження підтверджують доцільність інтеграції методології QFD в систему управління ризиками проєктів підвищення конкурентоспроможності морських портів. Запропонований підхід має низку суттєвих переваг порівняно з традиційними методами ризик-менеджменту.

Використання моделі НоQ забезпечує системний зв'язок між вимогами стейкхолдерів та ризиками проєкту розвитку порту через технічні характеристики, що виступають посередниками цього зв'язку. Це дозволяє визначити, які ризики мають найбільший вплив на задоволення потреб ключових стейкхолдерів та, відповідно, на конкурентоспроможність порту.

Традиційні методи ризик-менеджменту, як правило, оцінюють ризики ізольовано, без урахування їх впливу на якість кінцевого продукту проєкту.

Інтеграція величини ризику у формулу розрахунку пріоритетності дозволяє отримати скориговану величину ризику з урахуванням пріоритетів проєкту підвищення конкурентоспроможності портів. Концептуальна модель визначення та оцінки ризиків проєктів розвитку портів суттєво змінює ранжування технічних характеристик: причальна інфраструктура підвищила свій ранг завдяки високому ризику, тоді як екологічна модернізація знизилася на останнє місце. Ці зміщення мають практичне значення для розподілу ресурсів на мінімізацію ризиків.

Побудова кореляційної матриці в моделі НоQ дозволила виявити синергетичні взаємозв'язки між технічними характеристиками проєкту модернізації порту. Зокрема, виявлення сильного позитивного зв'язку між автоматизацією (C4) та перевантажувальним обладнанням (C2) свідчить про можливість одночасного зниження ризиків обох компонентів шляхом координованого впровадження.

Таблиця 7. Скоригована величина ризику проєкту розвитку порту з урахуванням технічних характеристик

	Технічна характеристика	G_j	R_j	G_j^{risk}	Відносна пріоритетність, %	Ранг
C1	Днопоглиблення	2,064	16	4,128	14,0	4
C2	Перевантажувальне обладнання	3,181	12,5	5,666	19,2	1
C3	Причальна інфраструктура	1,507	12,5	2,684	9,1	7
C4	Автоматизація процесів	2,935	12,5	5,228	17,7	2
C5	Залізничне сполучення	1,824	14	3,42	11,6	5
C6	Екологічна модернізація	1,557	7,5	2,287	7,7	8
C7	Інформаційна система	2,438	12	4,268	14,5	3
C8	Складська інфраструктура	1,977	10	3,213	10,9	6
Усього		17,483		29,508	100	

Практична значущість отриманих результатів підтверджується можливістю їх безпосереднього використання при плануванні проєктів модернізації портової інфраструктури. Розроблена концептуальна модель може бути адаптована для різних типів проєктів розвитку контейнерних, наливних, зернових терміналів шляхом коригування переліку вимог стейкхолдерів та технічних характеристик проєкту.

ВИСНОВКИ

Розроблена концептуальна модель ризико-орієнтованого управління проєктами підвищення конкурентоспроможності морських портів, що базується на моделі «Будинок якості» (House of Quality). Запропонований підхід забезпечує системну інтеграцію трьох ключових компонентів: вимог стейкхолдерів, технічних характеристик проєкту та ризиків, що створює підґрунтя для прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

Визначено систему з 10 вимог стейкхолдерів до проєкту підвищення конкурентоспроможності

морського порту та проведено їх пріоритезацію методом аналізу ієрархій. Встановлено, що найбільш вагомими вимогами є: достатня глибина підхідного каналу ($w = 0,142$), висока інтенсивність обробки суден ($w = 0,128$) та збереження вантажів ($w = 0,115$).

Ідентифіковано 8 технічних характеристик проєкту модернізації порту та побудовано матрицю взаємозв'язків з вимогами стейкхолдерів. Базова пріоритетність показала, що найбільший вплив на конкурентоспроможність мають: перевантажувальне обладнання (18,2 %), автоматизація процесів (16,8 %) та інформаційна система (13,9 %). Розроблено математичний апарат для інтеграції величини ризику в модель HoQ.

Напрями подальших досліджень включають розробку динамічної моделі HoQ з урахуванням зміни ризиків на різних фазах життєвого циклу проєкту підвищення конкурентоспроможності порту.

REFERENCES

- [1] Bushuyev, S., Vedmiediev, O. (2025). Models of value measurement in a construction project in the context of strategic communications with key stakeholders. *Management of Development of Complex Systems*, 63, 6–13. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2025.63.6-13>
- [2] Sherstiuk, O., Kolesnikov, O., Gogunskii, V., Kolesnikova, K. (2020). Developing the adaptive knowledge management in context of engineering company project activities. *International Journal of Computing*, 19(4), 590–598. <https://doi.org/10.47839/ijc.19.4.1993>
- [3] Chernova, L., Titov, S., Chernov, S., Kolesnikova, K., Chernova, L., & Gogunskii, V. (2019). Development of a formal algorithm for the formulation of a dual linear optimization problem. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(4 (100)), 28–36. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.175105>
- [4] Bushuyev, S., Chumachenko, I., Galkin, A., Bushuyev, D., & Dotsenko, N. (2025). Sustainable Development Projects Implementing in BANI Environment Based on AI Tools. *Sustainability*, 17(6), 2607. <https://doi.org/10.3390/su17062607>
- [5] Kovalchuk, O., Zachko, O., Kobylkin, D. (2022). Criteria for intellectual forming a project teams in safety oriented system. *CSIT*, 430–433, doi: 10.1109/CSIT56902.2022.10000494
- [6] Notteboom, T., Rodrigue, J.-P. (2005). Port regionalization: towards a new phase in port development. *Maritime Policy & Management*, 32(3), 297–313. doi: 10.1080/03088830500139885
- [7] Kyrylova, O., Pitera, V., Kyrylova, V., Shpak, N., Kozlovskiy, S., Lozytsky, O. (2024). Project-Oriented Approach to the Development of a Software Product for Risk Management in a Seaport as an Element of the Transport System. *CSIT*, 1–4. doi: 10.1109/CSIT65290.2024.10982673
- [8] Pitera, V., Samoilovska, V., Adakhovskiy, V. (2023). Assessment of Port Concession Projects Quality Based on the Information and Analytical Risk Management System. *CEUR Workshop Proceedings* <https://www.scopus.com/sourceid/21100218356?origin=resultslist>, 3453, 71–81
- [9] Samoilovska, V., Kyrylova, O., Pitera, V. (2023). Model for Evaluating the Efficiency of Seaports Development Projects Based on the Quality 4.0 Information and Analytical System. *CEUR Workshop Proceedings*, 3453, 1–12.
- [10] Shakhov, A., Pitera, V., Botsaniuk, V., Sherstiuk, O. (2020). Mechanisms for Goal Setting and Risk Management of Concession Projects in Seaports. *CSIT*, 185–189, doi: 10.1109/CSIT49958.2020.9321963
- [11] Belous, K., & Mayorova, I. (2021). Development of directions for improving the port's competitiveness. *Economic Innovations*, 23(2(79)), 35–42. doi: [https://doi.org/10.31520/ei.2021.23.2\(79\).35-42](https://doi.org/10.31520/ei.2021.23.2(79).35-42)
- [12] Martínez-Moya, J., Vanelander, T., Feo-Valero, M. (2025). Transshipment port competitiveness assessment: the importance of port location. *WMU J Marit Affairs* 24, 179–199. <https://doi.org/10.1007/s13437-025-00372-x>
- [13] Kaluian, O. (2023). Sea port industry of Ukraine: current state and prospects for port development through the implementation of the port-landlord management model. *Economic Innovations*, 25(3(88)), 125–131. doi: [https://doi.org/10.31520/ei.2023.25.3\(88\).125-131](https://doi.org/10.31520/ei.2023.25.3(88).125-131)
- [14] Glushko, G. (2017). Strategies of port activities: principles of formation and implementation. *Economic Innovations*, 19(2(64)), 65–70. doi: [https://doi.org/10.31520/ei.2017.19.2\(64\).65-70](https://doi.org/10.31520/ei.2017.19.2(64).65-70)
- [15] Carnevali, J., Miguel, P. (2008). Review, analysis and classification of the literature on QFD--Types of research, difficulties and benefits. *International Journal of Production Economics*, Elsevier, 114(2), 737–754.
- [16] Gargama, H., Chaturvedi, S.K. (2011). Criticality Assessment Models for Failure Mode Effects and Criticality Analysis Using Fuzzy Logic. *IEEE Transactions on Reliability*, 60, 102–110.

- [17] Ding, J. (2009). Applying fuzzy quality function deployment (QFD) to identify solutions of service delivery system for port of Kaohsiung. *Quality & Quantity*, 43, 553–570.
- [18] Alises, A., Molina, R., Gómez, R., Pery, P., & Castillo, C. (2014). Overtopping hazards to port activities: Application of a new methodology to risk management (PORT Risk Management Tool). *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, 123, 8–20.
- [19] Nagi, A., Schroeder, M., & Kersten, W. (2021). Risk Management in Seaports: A Community Analysis at the Port of Hamburg. *Sustainability*.
- [20] Bushuyev, S., Puziichuk, A. (2021). Development organizational structure for value-oriented reengineering project of construction enterprises. *CSIT*, 367–370, doi: 10.1109/CSIT52700.2021.9648758
- [21] Bushuyev, S., Onyshchenko, S., Bondar, A., Bushuyeva, N., Obronova, A. (2022). Assessment and Monitoring Project Management Quality Based on the Entropy Approach. *SIST*, 1–5.
- [22] Tryhuba, A., Boyarchuk, V., Tryhuba, I., Tymochko, V., Bondarchuk, S. (2020). Model of Assessment of the Risk of Investing in the Projects of Production of Biofuel Raw. *CSIT*, 151–154.
- [23] Kobylkin, D., Zachko, O. (2020). Structural Models of Safety-Oriented Management of Infrastructure Projects Decomposition. *CSIT*, 131–134.
- [24] Shakhov, A., Kyryllova, O., Sagaydak, O., Piterska, V., Sherstiuk, O. (2022). Conceptual risk-oriented model of goal setting in the implementation of concession projects in seaports. *CEUR Workshop Proceedings*, 3295, 149–158.
- [25] Piterska, V., Samoilovska, V., Shakhov, V., Tanaka, H. (2023). Risk-oriented management of ports in the implementation of concession projects. *Innovative technologies and scientific solutions for industries*, (2(24)), 200–211.
- [26] Meléndez, E., & Goerlandt, F. (2025). Developing a STAMP-Based Port Risk Control Structure to Understand Interorganizational Risk Management in Canadian Ports. *Journal of Marine Science and Engineering*.
- [27] Bondareva, I. O. (2024). Cognitive Modeling of Cargo Port Risk Management. *Proceedings of the Southwest State University*.
- [28] Pallis, P. (2017). Port Risk Management in Container Terminals. *Transportation research procedia*, 25, 4411–4421.
- [29] Duda, O., Kunanets, N., Matsiuk, O., Pasichnyk, V., Veretennikova, N., Fedonuyk, A., Yunchyk, V. (2020). Selection of Effective Methods of Big Data Analytical Processing in Information Systems of Smart Cities. *Modern Machine Learning Technologies and Data Science*, 2631, 68–78.
- [30] Kobylkin, D., Zachko, O., Ratushny, R., Ivanusa, A., Wolff, C. (2021). Models of content management of infrastructure projects mono-templates under the influence of project changes. *CEUR Workshop Proceedings*, 2851, 106–115.
- [31] Wang, B., Chin, K., & Su, Q. (2021). Risk management and market structures in seaport-dry port systems. *Maritime Economics & Logistics*, 24, 114–137.
- [32] Kadir, Z.A., Mohammad, R., Othman, N., Amrin, A., Muhtazaruddin, M.N., Abu-Bakar, S.H., & Muhammad-Sukki, F. (2020). Risk Management Framework for Handling and Storage of Cargo at Major Ports in Malaysia towards Port Sustainability. *Sustainability*.
- [33] Wicaksono, A., & Djakfar, L. (2022). Improving Container Port Terminal Services' by Applying CSI and QFD. *The Open Transportation Journal*.
- [34] Duru, O., Galvao, C. B., Mileski, J., Robles, L. T., & Gharehgozli, A. H. (2020). Developing a comprehensive approach to port performance assessment. *The asian journal of shipping and logistics*.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Bushuyev, S., Vedmiediev, O. (2025). Models of value measurement in a construction project in the context of strategic communications with key stakeholders. *Management of Development of Complex Systems*, 63, 6–13. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2025.63.6-13>
- [2] Sherstiuk, O., Kolesnikov, O., Gogunskii, V., Kolesnikova, K. (2020). Developing the adaptive knowledge management in context of engineering company project activities. *International Journal of Computing*, 19(4), 590–598. <https://doi.org/10.47839/ijc.19.4.1993>
- [3] Chernova, L., Titov, S., Chernov, S., Kolesnikova, K., Chernova, L., & Gogunskii, V. (2019). Development of a formal algorithm for the formulation of a dual linear optimization problem. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(4 (100)), 28–36. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.175105>
- [4] Bushuyev, S., Chumachenko, I., Galkin, A., Bushuyev, D., & Dotsenko, N. (2025). Sustainable Development Projects Implementing in BANI Environment Based on AI Tools. *Sustainability*, 17(6), 2607. <https://doi.org/10.3390/su17062607>
- [5] Kovalchuk, O., Zachko, O., Kobylkin, D. (2022). Criteria for intellectual forming a project teams in safety oriented system. *CSIT*, 430–433, doi: 10.1109/CSIT56902.2022.10000494
- [6] Notteboom, T., Rodrigue, J.-P. (2005). Port regionalization: towards a new phase in port development. *Maritime Policy & Management*, 32(3), 297–313. doi: 10.1080/03088830500139885
- [7] Kyryllova, O., Piterska, V., Kyryllova, V., Shpak, N., Kozlovskiy, S., Lozytskyi, O. (2024). Project-Oriented Approach to the Development of a Software Product for Risk Management in a Seaport as an Element of the Transport System. *CSIT*, 1–4. doi: 10.1109/CSIT65290.2024.10982673
- [8] Piterska, V., Samoilovska, V., Adakhovskiy, V. (2023). Assessment of Port Concession Projects Quality Based on the Information and Analytical Risk Management System. *CEUR Workshop Proceedings* <https://www.scopus.com/sourceid/21100218356?origin=resultslist>, 3453, 71–81
- [9] Samoilovska, V., Kyryllova, O., Piterska, V. (2023). Model for Evaluating the Efficiency of Seaports Development Projects Based on the Quality 4.0 Information and Analytical System. *CEUR Workshop Proceedings*, 3453, 1–12.

- [10] Shakhov, A., Piterska, V., Botsaniuk, V., Sherstiuk, O. (2020). Mechanisms for Goal Setting and Risk Management of Concession Projects in Seaports. *CSIT*, 185–189, doi: 10.1109/CSIT49958.2020.9321963
- [11] Belous, K., & Mayorova, I. (2021). Development of directions for improving the port's competitiveness. *Economic Innovations*, 23(2(79)), 35–42. doi:https://doi.org/10.31520/ei.2021.23.2(79).35-42
- [12] Martínez-Moya, J., Vanelslander, T., Feo-Valero, M. (2025). Transshipment port competitiveness assessment: the importance of port location. *WMU J Marit Affairs* 24, 179–199. https://doi.org/10.1007/s13437-025-00372-x
- [13] Kaluian, O. (2023). Sea port industry of Ukraine: current state and prospects for port development through the implementation of the port-landlord management model. *Economic Innovations*, 25(3(88)), 125–131. doi:https://doi.org/10.31520/ei.2023.25.3(88).125-131
- [14] Glushko, G. (2017). Strategies of port activities: principles of formation and implementation. *Economic Innovations*, 19(2(64)), 65–70. doi:https://doi.org/10.31520/ei.2017.19.2(64).65-70
- [15] Carnevalli, J., Miguel, P. (2008). Review, analysis and classification of the literature on QFD--Types of research, difficulties and benefits. *International Journal of Production Economics*, Elsevier, 114(2), 737–754.
- [16] Gargama, H., Chaturvedi, S. K. (2011). Criticality Assessment Models for Failure Mode Effects and Criticality Analysis Using Fuzzy Logic. *IEEE Transactions on Reliability*, 60, 102–110.
- [17] Ding, J. (2009). Applying fuzzy quality function deployment (QFD) to identify solutions of service delivery system for port of Kaohsiung. *Quality & Quantity*, 43, 553–570.
- [18] Alises, A., Molina, R., Gómez, R., Pery, P., & Castillo, C. (2014). Overtopping hazards to port activities: Application of a new methodology to risk management (POrt Risk MAnagement Tool). *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, 123, 8–20.
- [19] Nagi, A., Schroeder, M., & Kersten, W. (2021). Risk Management in Seaports: A Community Analysis at the Port of Hamburg. *Sustainability*.
- [20] Bushuyev, S., Puziichuk, A. (2021). Development organizational structure for value-oriented reengineering project of construction enterprises. *CSIT*, 367–370, doi: 10.1109/CSIT52700.2021.9648758
- [21] Bushuyev, S., Onyshchenko, S., Bondar, A., Bushuyeva, N., Obronova, A. (2022). Assessment and Monitoring Project Management Quality Based on the Entropy Approach. *SIST*, 1–5.
- [22] Tryhuba, A., Boyarchuk, V., Tryhuba, I., Tymochko, V., Bondarchuk, S. (2020). Model of Assessment of the Risk of Investing in the Projects of Production of Biofuel Raw. *CSIT*, 151–154.
- [23] Kobylkin, D., Zachko, O. (2020). Structural Models of Safety-Oriented Management of Infrastructure Projects Decomposition. *CSIT*, 131–134.
- [24] Shakhov, A., Kyryllova, O., Sagaydak, O., Piterska, V., Sherstiuk, O. (2022). Conceptual risk-oriented model of goal setting in the implementation of concession projects in seaports. *CEUR Workshop Proceedings*, 3295, 149–158.
- [25] Piterska, V., Samoilovska, V., Shakhov, V., Tanaka, H. (2023). Risk-oriented management of ports in the implementation of concession projects. *Innovative technologies and scientific solutions for industries*, (2(24)), 200–211.
- [26] Meléndez, E., & Goerlandt, F. (2025). Developing a STAMP-Based Port Risk Control Structure to Understand Interorganizational Risk Management in Canadian Ports. *Journal of Marine Science and Engineering*.
- [27] Bondareva, I.O. (2024). Cognitive Modeling of Cargo Port Risk Management. *Proceedings of the Southwest State University*.
- [28] Pallis, P. (2017). Port Risk Management in Container Terminals. *Transportation research procedia*, 25, 4411–4421.
- [29] Duda, O., Kunanets, N., Matsiuk, O., Pasichnyk, V., Veretennikova, N., Fedonuyk, A., Yunchyk, V. (2020). Selection of Effective Methods of Big Data Analytical Processing in Information Systems of Smart Cities. *Modern Machine Learning Technologies and Data Science*, 2631, 68–78.
- [30] Kobylkin, D., Zachko, O., Ratushny, R., Ivanusa, A., Wolff, C. (2021). Models of content management of infrastructure projects mono-templates under the influence of project changes. *CEUR Workshop Proceedings*, 2851, 106–115.
- [31] Wang, B., Chin, K., & Su, Q. (2021). Risk management and market structures in seaport–dry port systems. *Maritime Economics & Logistics*, 24, 114–137.
- [32] Kadir, Z.A., Mohammad, R., Othman, N., Amrin, A., Muhtazaruddin, M.N., Abu-Bakar, S.H., & Muhammad-Sukki, F. (2020). Risk Management Framework for Handling and Storage of Cargo at Major Ports in Malaysia towards Port Sustainability. *Sustainability*.
- [33] Wicaksono, A., & Djakfar, L. (2022). Improving Container Port Terminal Services' by Applying CSI and QFD. *The Open Transportation Journal*.
- [34] Duru, O., Galvao, C.B., Mileski, J., Robles, L.T., & Gharehgozli, A.H. (2020). Developing a comprehensive approach to port performance assessment. *The asian journal of shipping and logistics*.

© Пітерська В. М.

Дата першого надходження статті до видання: 15.03.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 10.04.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026



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