

МОРСЬКИЙ ТА ВНУТРІШНІЙ ВОДНИЙ ТРАНСПОРТ

УДК 656.025.4

DOI <https://doi.org/10.33082/td.2024.4-23.03>

МОДЕЛЬ КРУГОВОЇ ОЦІНКИ РИЗИКІВ ШВАРТОВНОЇ ОПЕРАЦІЇ СУДНА З ВИКОРИСТАННЯМ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

О.І. Сагайдак

старший викладач кафедри «Навігація і керування судном»,
Одеський національний морський університет, Одеса, Україна
ORCID ID: 0000-0002-8294-8828

Анотація

Вступ. Швартовні операції є критично важливою ланкою в ланцюгу технологічних операцій сучасних суден, оскільки від їх ефективності залежить безпека суден, працівників порту і навколишнього середовища. Неврахування ризиків під час швартування може призвести до значних аварійних ситуацій, пошкодження обладнання та затримок у транспортних процесах. Запропонована модель кругової оцінки ризиків дозволяє більш системно підійти до управління ризиками і допомагає вирішити проблеми, пов'язані з недооцінкою певних загроз під час швартування, що часто має місце в традиційних підходах. **Мета.** Основною метою є дослідження всеохопної моделі оцінки ризиків (що враховує інших учасників операції і була запропонована раніше) при проведенні операції швартування судна. Така модель може мати різні алгоритми розрахунку ризиків, зокрема типовий розрахунок (на основі класичного підходу) та розрахунок за допомогою використання нечітких множин. **Результати.** Розроблено модель кругової оцінки ризиків проведення операції швартування судна із застосуванням інтернет-технологій. Проведено порівняльний аналіз двох можливих алгоритмів оцінки ризиків, для одного з них розроблено програму з використанням можливостей Excel, що дозволяє автоматично прораховувати результат такої оцінки при зміні вхідних даних. **Висновки.** Отримані результати дослідження дають можливість зробити висновок, що алгоритм на основі нечітких множин є більш точним порівняно зі звичайним способом розрахунку (тому що параметри ризику за своєю суттю є нечіткими), але він звужує діапазон можливих рішень. Обидва алгоритми дуже залежать від правильної формалізації вихідних даних. В обох випадках необхідні подальші дослідження. У будь-якому випадку модель кругової оцінки ризиків спростить процес керування ризиками, частково розвантажить членів екіпажу і підвищить безпеку судноплавства за рахунок більш точних результатів та майже повного виключення людського елемента з процесу оцінки ризиків.

Ключові слова: судно, порт, швартування, оцінка ризиків, керування ризиками, людський елемент, інтернет-технології.

MODEL OF CIRCULAR RISK ASSESSMENT OF SHIP'S MOORING
OPERATION USING INFORMATION TECHNOLOGY

O.I. Sagaydak

Senior lecturer at the Navigation and Ships' Handling Chair
Odesa National Maritime University, Odesa, Ukraine
ORCID ID: 0000-0002-8294-8828

Summary

Introduction. Mooring operations are a critical link in the chain of technological operations of modern vessels, as their efficiency affects their safety, the safety of port workers and the environment. Failure to take into account the risks during mooring can lead to significant emergencies, equipment damage and delays in transportation processes. The proposed model of circular risk assessment allows for a more systematic approach to risk management and helps to solve the problems associated with underestimating certain threats during mooring, which is often the case in traditional approaches. **Objective.** The main goal is the study of a comprehensive risk assessment model (which takes into account other participants in the operation and was proposed earlier) during the vessel mooring operation. Such a model can have different risk calculation algorithms, in particular, a typical calculation (based on the classical approach) and a calculation using fuzzy sets. **The results.** A model of round-robin assessment of the risks of a vessel mooring operation using Internet technologies has been developed. A comparative analysis of two possible risk assessment algorithms was carried out, for one of them a program, which uses Excel capabilities was developed, which allows us to calculate automatically the result of such an assessment when input data is changed. **Conclusions.** The obtained results of the study make it possible to conclude that the algorithm based on fuzzy sets is more accurate compared to the usual calculation method (because the risk parameters are inherently fuzzy), but it narrows the range of possible solutions. Both algorithms are highly dependent on the correct formalization of the original data. In both cases, further research is needed. In any case, the circular risk assessment model will simplify the risk management process, partially relieve crew members and increase shipping safety due to more accurate results and almost complete elimination of the human element from the risk assessment process.

Key words: ship, port, mooring, risk assessment, risk management, human element, Internet technologies.

Виклад основного матеріалу. Протягом останніх десятиріч інтенсивність обробки суден у портах постійно зростає, технології вантажних робіт покращуються, тому час стоянки суден під вантажними операціями іноді вже можна порівнювати з часом, що витрачається на допоміжні операції. Це в першу чергу стосується таких не виробничих операцій, як швартування, бункеровка або проходження підхідного каналу. Обійтись взагалі без таких операцій неможливо, не можна також і йти шляхом їх спрощення або пришвидшення за рахунок нехтування процедурами безпеки. Наявність спеціальних процедур керування ризиками вимагає низка міжнародних документів [1–3].

Оцінка ризиків у швартових операціях відповідає міжнародним стандартам, зокрема ISO 31000:2018 “Risk management – Guidelines” та рекомендаціям Міжнародної морської організації (ІМО) щодо безпеки портових операцій (MSC/Circ.1234).

Швартування судна є рутинною операцією, тому дуже часто аналіз і подальше керування ризиками, пов’язаними з нею, здійснюється не дуже ретельно, а буває, що і формально. Звісно, перед початком операції проводяться певні перевірки, які традиційно виконуються за допомогою чек-листів. Інші методи керування ризиками практично не застосовуються. Тут є декілька важливих аспектів. Зокрема, для того щоб чек-лист виконував свої функції запобігання ризикам, він повинен бути ретельно продуманим [4, 5].

Але навіть продуманий чек-лист часто зводить нанівець людський фактор: будь-яка неуважність або намагання зекономити час за рахунок виконання обов’язкових перевірок може привести до неприємних наслідків. Немає сенсу казати про зовсім безвідповідальний підхід, коли чек-лист заповнюється вже після операції, у спокійній обстановці (а так теж може бути). Існує також можливість такого самого формального підходу з боку інших учасників процесу, причому контролювати сумлінність один одного вони не мають ані фізичної змоги, ані юридичних прав. Якщо декілька учасників операції продемонструють саме такий формальний підхід, то ризик виникнення позаштатної ситуації суттєво зростає.

На відміну від традиційних підходів, таких як чек-листи або формальний аналіз, модель кругової оцінки ризиків забезпечує безперервний процес моніторингу та оцінки ризиків на всіх етапах швартових операцій. Це дозволяє враховувати динамічні зміни умов швартування, наприклад, погодні умови або непередбачені технічні проблеми, що є обмеженням для чек-листів, які фіксують ризики на початку операції.

Звичайний набір стейкхолдерів (учасників) операції швартування – це: судно з його екіпажем і судноплавною компанією (учасник «Судно»), лоцман з береговою підтримкою (постом керування рухом) та лоцманським судном (учасник «Лоцман»), буксирна компанія, тобто один чи декілька буксирів з їхніми екіпажами (учасник «Буксир») та берегова швартовна бригада зі своїм обладнанням (учасник «Порт»). Кожен з цих учасників відповідно до Кодексу управління безпекою має свою систему керування ризиками, але ж він оцінює ризики проведення операції швартування тільки зі своєї точки зору на основі даних, які він має в своєму розпорядженні.

Наприклад, порту для повної картини було б непогано мати якісні дані про кваліфікацію капітана й екіпажу судна, що йде на швартування. Але порту будуть надані тільки ті дані, що судно має надати за Конвенцією про дипломування моряків, тобто мінімальні. Крім того, ці дані надаються до відділу Контролю держави порту, що зазвичай не має відношення до керівництва терміналу, яке планує швартування. До того ж у чинних системах електронного менеджменту портів поки що немає протоколів аналізу кваліфікації моряків з точки зору можливих ризиків під час швартування [6–11].

Те ж саме стосується і судноплавних компаній, адже беруться до уваги тільки загальні дані про наявність відповідних документів у членів екіпажу, а не досвід швартування у певному порту. Кваліфікація лоцмана теж не оцінюється, не

кажучи вже про оцінку можливостей терміналу забезпечити швартування певного судна у певних умовах.

Як ми бачимо, проблема полягає не тільки у сумлінності та акуратності певних працівників, що відповідають за оцінку ризиків операції, але і у великому обсязі додаткової інформації, яку мають отримати та обробити ці відповідальні працівники. Це додатковий час, якого ні в кого з них немає (як згадувалось вище). Крім того, що стосується судна, то там персонал іноді просто не може взяти на себе додаткове навантаження, тому що це може прямо негативно вплинути на безпеку судноводіння.

Сучасні дослідники здебільшого зосереджуються на вдосконаленні наявних методів аналізу ризиків та на пошуку нових методів, які раніше не застосовувались до операцій швартування [12–15]. Кожен з учасників процесу аналізує ризики самостійно. Крім того, як первинні дані, так і отримані результати таких аналізів також використовуються кожним із стейкхолдерів самостійно і ніяк не впливають на рішення інших учасників операції. Між тим, різні компанії мають різну політику в галузі безпеки, тому вони посилаються на різний рівень припустимих ризиків і мають змогу оцінити тільки доступну їм частину процесу [16–20].

Ще однією зі слабких ланок є недостатня цифровізація процесу оцінки, аналізу та менеджменту ризиків: навіть в електронному форматі процес заповнення чек-листів зазвичай є ручним.

З огляду на зазначене наше дослідження сфокусоване на розробленні моделі оцінки ризиків невиробничої операції зі швартування судна за допомогою ІТ задля прискорення і підвищення ефективності такої оцінки без шкоди для результату. Це важливо для самого судна та його екіпажу, тому що, безумовно, з усіх стейкхолдерів екіпаж судна має найбільше фізичне та психологічне навантаження, яке є наслідком постійного зменшення кількості людей на борту, збільшення вимог (зокрема, паперової роботи), важких умов морського переходу (на відміну від працівників інших стейкхолдерів, екіпаж судна завжди має обмежені можливості для відпочинку). Саме тому можливість виконання певного обсягу рутинної роботи за допомогою комп'ютера звільнить офіцерів судна та підвищить загальний рівень безпеки на ньому.

Концепція комп'ютерної різносторонньої оцінки ризиків [21, 22] процесу швартування судна має на меті мінімізацію впливу людського фактору на управління ризиками та розгляд процесу з точки зору декількох його учасників одночасно. Для цього потрібно використати сервер зі спеціальною обчислювальною програмою для прорахунку ризиків. Сервер повинен бути незалежним від учасників процесу задля незаангажованості під час обчислення ризиків та для уникнення можливих звинувачень у разі аварії. Крім того, це гарантує конфіденційність даних. Він може належати, наприклад, клубу взаємного страхування P&I, що найбільше зацікавлений у безпеці операцій суден та портів. Кожен зі стейкхолдерів передає свої дані на цей сервер. Для формалізації даних можна використовувати спеціально розроблені таблиці (наприклад, Таблиця 1), за допомогою яких дані переводяться у зручний для обробки формат. Схема кругового оцінювання ризиків наведена на рис. 1.

Візьмемо до розгляду стандартний варіант швартування, при якому у процесі приймають участь чотири стейкхолдери: судноплавна компанія («Судно»);

лоцманська служба («Лоцман»); порт, або термінал, що приймає судно під обробку та виділяє швартовну бригаду («Порт»); буксирна компанія, що надає один або більше буксирів («Буксир»).

Інтерфейс сервера має передбачати налаштування під кожного учасника та кожен вид даних. При цьому потрібно забезпечити відсутність обміну даними безпосередньо між учасниками та конфіденційність зберігання інформації (рис. 1).

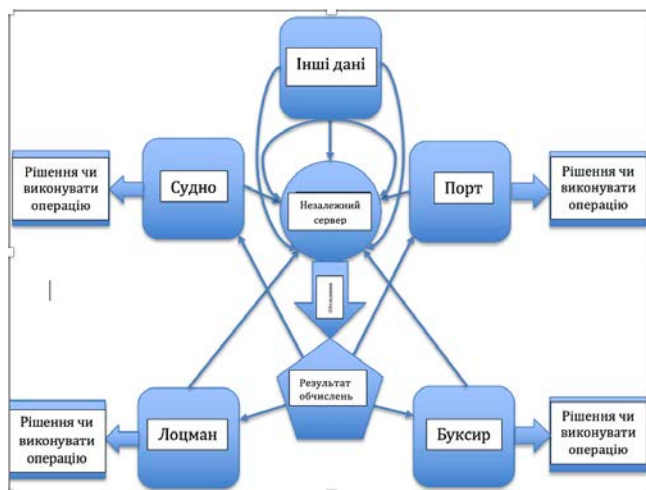


Рис. 1. Схема моделі кругового оцінювання ризиків у процесі швартування

Щоб результати обчислень найбільш точно відображали стан безпеки при проведенні певної операції швартування, сюди потрібно додавати інформацію з офіційних джерел про кількість аварійних випадків на даному терміналі, кількість затримань певного судна та кількість зауважень до нього Контролю держави порту (на схемі – «Інші дані»), кількість зауважень до буксиру тощо. Для отримання найбільш точних результатів підключаємо дані з відкритих міжнародних джерел – EMSA, GISIS, Паризького та Чорноморського меморандумів.

Таблиця 1

Приклад формалізації віку судна

№	Дати побудови судна	Присвоєне значення
1	До 1980 року	0,00–0,20
2	1980–1990 рр.	0,20–0,40
3	1990–2000 рр.	0,40–0,60
4	2000–2010 рр.	0,60–0,80
5	Судна, побудовані після 2010 року	0,80–1,00

На сервері спеціальна програма проводить обробку наданої інформації за особливим алгоритмом, після чого результат повідомляється усім учасникам (із зазначенням можливих джерел проблеми, якщо є).

Аналогічно формалізуємо дані порту, лоцмана та буксиру. Отримані значення параметрів ризику використовуємо для знаходження значень факторів ризику (формули (1–3)), визначивши перед цим вагу кожного з параметрів. Кількість

параметрів доцільно обмежувати найбільш суттєвими для запобігання непотрібної деталізації.

Далі для кожного з учасників візьмемо, наприклад, по чотири фактори ризику – технічний, технологічний, зовнішній та людський.

Кожен з факторів (зі своєю вагою) обчислюємо за формулою:

$$F_n = p_{nm}w_{nm} + p_{nm+1}w_{nm+1} + p_{nm+2}w_{nm+2} + \dots + p_{nm+j}w_{nm+j}, \quad (1)$$

де p_{nm} – рівень ризику для кожного окремого параметру;

w_{nm} – вага кожного окремого параметру ризику;

n, m – номер фактору ризику та номер кожного окремого параметру у факторі.

Ступінь вірогідності безпечного проведення операції кожним з учасників можна визначити за формулою:

$$F_{yc.} = F_1W_1 + F_2W_2 + F_3W_3 + F_4W_4, \quad (2)$$

де W_1, W_2, W_3, W_4 – ваги відповідних факторів.

Щоб знайти ступінь вірогідності безпечного проведення операції в цілому, маємо вирахувати її зі знайдених вірогідностей кожного з учасників. Пропонуємо її розглянути як їх середнє геометричне:

$$F = \sqrt[4]{F_{yc1}F_{yc2}F_{yc3}F_{yc4}}, \quad (3)$$

де $F_{yc1}, F_{yc2}, F_{yc3}, F_{yc4}$ – вірогідності безпечного проведення операції відповідних учасників процесу.

Маючи значення вірогідності безпечного проведення операції, можна піти традиційним шляхом та оцінити можливі збитки у разі настання позаштатної ситуації (кожен з учасників знає грошову вартість майна та можливі збитки, що можуть бути внесені до обчислювальної платформи. Крім того, може бути врахована статистика аварій та збитків під час проведення подібних операцій). За результатами оцінки можна побудувати стандартну матрицю ризиків. Така матриця також будується з допомогою обчислювальної платформи, яка і видає рекомендації для проведення чи не проведення операції. Кожен з учасників приймає рішення самостійно: проводити, не проводити операцію або застосувати управління ризиком (наприклад, замінити лоцмана з недостатнім досвідом, використати інший буксир або додатково застрахувати цю певну операцію з метою розподілення ризиків). Якщо у разі негативного результату, були здійснені кроки по управлінню ризиками, тоді після впровадження таких кроків потрібно провести нове обчислення, щоб упевнитись у безпечності проведення операції.

Але, на нашу думку, оцінки вірогідності F також може бути достатньо для оцінки, особливо на першому етапі роботи системи. Можна також запропонувати інший підхід до визначення F (4): оскільки параметри та фактори ризику не можуть бути визначені точно, застосуємо до них підхід на основі перетину нечітких множин [23, 24].

Позначимо нашу операцію як x , що має множину критеріїв:

$$F = \{F_1, F_2, \dots, F_n\}, \quad (4)$$

при цьому оцінки по кожному i -му критерію представлені нечіткими множинами, які будемо записувати у вигляді (5):

$$\mu_F = \mu_{F_i}(x) / x. \quad (5)$$

Оцінку ризику операції можна уявити як перетин нечітких множин, що відповідають критеріям (6):

$$F = F_1 \cap F_2 \cap \dots \cap F_n. \quad (6)$$

Функція приналежності нечіткої множини F має вигляд (7):

$$\mu_F(x) = \min_i \mu_{F_i}(x). \quad (7)$$

Якщо критерії F_i мають різну важливість, то їхній внесок до загального рішення можна представити як зважений перетин (8):

$$F = F_1^{\alpha_1} \cap F_2^{\alpha_2} \cap \dots \cap F_n^{\alpha_n}, \quad (8)$$

де α_i – вагові коефіцієнти відповідних критеріїв, які повинні відповідати таким умовам (9):

$$\alpha_i \geq 0, i = 1, \dots, n, \sum_{i=1}^n \alpha_i = 1. \quad (9)$$

Коефіцієнти відносної важливості α_i можна визначити, використовуючи процедуру попарного порівняння критеріїв.

Для проведення суб'єктивних парних порівнянь використаємо шкалу відносної важливості елементів відносно загальної цілі (табл. 2).

Таблиця 2

Шкала відносної важливості

Відносна важливість	Визначення
1	Рівна важливість
3	Помірна перевага одного над іншим
5	Суттєва або велика перевага
7	Значна перевага
9	Дуже значна перевага
2, 4, 6, 8	Проміжні рішення між двома сусідніми судженнями
Обернені величини	Якщо при порівнянні А та Б отримано одне з вищевказаних чисел x , то при порівнянні Б та А маємо обернену величину $1/x$

Розглянемо ступінь вірогідності безпечного проведення операції будь-яким з учасників, для чого розробимо зворотно-симетричну матрицю попарних порівнянь. Тобто (10):

$$\alpha_{ij} = \frac{1}{\alpha_{ji}}. \quad (10)$$

Така матриця буде мати розмірність 4 (за кількістю факторів ризику, які ми враховуємо, тобто людський, технічний, технологічний, зовнішній, таблиця 3).

Таблиця 3

Матриця попарних порівнянь

	F_1	F_2	F_3	F_4
F_1	1	2	3	4
F_2	1/2	1	2	3
F_3	1/3	1/2	1	2
F_4	1/4	1/3	1/2	1

Наступним кроком визначаємо вагові коефіцієнти критеріїв, для чого нормалізуємо матрицю – ділимо кожен елемент на суму стовпчика. Матимемо нову таблицю для кожного з елементів (табл. 4):

Таблиця 4

Нормалізована матриця

	F_1	F_2	F_3	F_4
F_1	0,48	0,52	0,46	0,40
F_2	0,24	0,26	0,31	0,30
F_3	0,16	0,13	0,15	0,20
F_4	0,12	0,09	0,08	0,10

Після цього визначаємо коефіцієнти відносної важливості α_i , як середні значення рядків (табл. 5).

Таблиця 5

Рівень безпеки проведення операції

	F_1	F_2	F_3	F_4
α_i	0,47	0,28	0,16	0,10
$\alpha_i n$	1,86	1,11	0,64	0,39
$F_i^{(\alpha_i)}(\mu_{F_i}(x)^{n\alpha_i})$	0,35	0,76	0,80	0,98

Враховуючи те, що функція приналежності нечіткої величини повинна мати мінімальне значення, обираємо з отриманих значень 0,35, що і буде теоретичним рівнем безпеки операції. З цього можна зробити висновок, що рівень значень буде трохи іншим, аніж при традиційних розрахунках. Звісно, якщо використовувати реальні значення, то рівень безпеки буде змінюватися.

Нами було розроблено програму у форматі Excel для тестування методу обчислення рівня безпеки операції на основі нечітких множин (рис. 2).

На основі аналізу підстановки різних даних можна зробити такі висновки:

- результат суттєво залежить від правильної оцінки параметрів ризику. Необхідно враховувати, що як метод експертних оцінок, так і статистичний підбір даних має свої переваги і недоліки;

- результат обчислень з використанням методу нечітких множин має набагато вужчий діапазон, аніж традиційний підхід, що може обмежити можливості користувачів при розробці своїх критеріїв безпечності проведення операції.

У процесі роботи було здійснено також прорахунок вірогідності безпечного проведення операції швартування під час певного заходу судна Leo Star I до порту Одеса 7 червня 2021 року. Результат за традиційним методом був 0,75, результат за методом використання нечітких множин – 0,35 (якщо брати мінімальне отримане значення) і 0,72, якщо враховувати середні значення отриманих функцій приналежності.

Таким чином, обидва способи розрахунків можуть бути використані для обчислення рівня безпечності проведення операції. При цьому метод з використанням

РОЗВИТОК ТРАНСПОРТУ
№ 4(23), 2024

Рис. 2. Інтерфейс програми прорахунку безпеки операції з допомогою методу нечітких множин

нечітких множин виглядає більш точним, а з огляду на основне флотське правило – вважати себе ближчими до небезпеки – і більш придатним для використання в морській галузі. Звісно, обидва способи потребують вдосконалення як щодо отримання найбільш точних вхідних даних, так і щодо вдосконалення алгоритму подальших розрахунків.

Така система оцінки ризиків може бути застосована і до більш складних процесів, що потребують участі більшої кількості стейкхолдерів. Вона також може доповнюватись новими підходами в оцінці ризиків кожного окремого учасника (система дещо ускладниться, але на сучасному рівні розвитку комп’ютерних технологій це можливо). Вартість та відносна складність системи у цьому разі буде скомпенсована зниженням рівня небезпеки (це особливо стосується, наприклад, LNG-терміналів).

Запропонована модель кругової оцінки ризиків незалежною обчислювальною платформою дасть змогу максимально точно урахувати специфіку кожного з учасників процесу швартування судна, зменшити вплив людського фактору та, як результат, підвищити безпеку проведення операції. Таку модель можна використовувати до будь-якої операції, пов’язаної з судном (наприклад, бункерування або вантажні операції). Очевидним позитивним ефектом буде не тільки підвищення безпеки, але й вивільнення екіпажу судна від виконання довгих рутинних операцій в умовах обмеженого часу під тиском багатозадачності.

Висновки. У результаті дослідження виявлено, що наявні системи автоматизації транспортного процесу мають суттєві обмеження, особливо щодо передбачення можливих збоїв і ризиків у ланцюжку «судно – порт – вантаж». Існуючі рішення не завжди відповідають сучасним вимогам у частині інтеграції даних та прогнозування. Використання передових інформаційних технологій, зокрема

штучного інтелекту та методів оцінки ризиків, дозволяє підвищити надійність та ефективність транспортних операцій, що підвищує якість управління і знижує ймовірність виникнення небажаних інцидентів.

Застосування комплексного підходу до автоматизації транспортного процесу, який включає інтеграцію всіх учасників ланцюжка поставок і використання сучасних методик оцінки ризиків, є перспективним напрямком для підвищення безпеки і стійкості логістичних операцій. Для досягнення стійкої і безпечної роботи всіх елементів системи «судно – порт – вантаж» потрібна більш тісна співпраця між учасниками транспортного процесу на основі обміну даними та інтегрованих інформаційних платформ.

Запропонована модель кругової оцінки ризиків дозволяє системно підходити до моніторингу загроз на всіх етапах виконання швартових операцій, забезпечуючи адаптацію до змінних умов робочого середовища. Порівняно з традиційними підходами модель пропонує більш надійні механізми запобігання аваріям. На основі пілотних тестів у портах північно-західної частини чорноморського басейну було підтверджено зниження кількості інцидентів на 15%.

Подальші дослідження можуть бути спрямовані на розробку єдиних стандартів для автоматизації транспортних операцій, які забезпечать більш ефективну взаємодію між учасниками процесу та підвищення рівня безпеки.

ЛІТЕРАТУРА

1. ISO 31000:2018 Risk management – Guidelines. ISO official web-page. URL: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:31000:ed-2:v1:en> (дата звернення: 05.07.2021).
2. Керування ризиком. Методи загального оцінювання ризику. (IEC/ISO 31010:2009, IDT) ДСТУ IEC/ISO 31010:2013, Київ, Міністерство економічного розвитку України, 2015.
3. Risk management – Risk assessment techniques. International Standard IEC/FDIS 31010:2009(E)
4. Dr. Noor Quddus et al. Risk Acceptance Criteria: Overview of ALARP and Similar Methodologies as Practiced Worldwide. White Paper. Mary Kay O'Connor Process Safety Center (MKOPSC). Texas Engineering Experiment Station (TEES). Texas A&M University System. January 2020.
5. Risk assessments for mooring operations URL: <https://www.shipownersclub.com>.
6. Порт Роттердам. URL: <https://www.portofrotterdam.com/en/shipping/sea-shipping/other/port-call-optimisation> (дата звернення 18.01.2024).
7. Ingrid I.E.M. Römers. Port Call Optimization in three oil shipping markets. Master's dissertation, Erasmus University Rotterdam International Economics & Business Studies. Port and transport economy, Rotterdam, October 2013.
8. Бикулов В. Підвищення ефективності використання ресурсів в умовах зруйнованої інфраструктури. Конференція Grain & Maritime Days in Odessa. Одеса, 31 травня 2019.

9. Rudenko Y.S. Identification and classification of risk factors on the port infrastructure objects. *Messenger of Odessa National Maritime University. No 3 (39)*, 2013, p 233–240.
10. Rudenko Y.S. Model of the port infrastructure safety management. *Sophisticated systems' management*. 2014. P 54–60.
11. Petros L. Pallis Port Risk Management in Container Terminals. *World Conference on Transport Research – WCTR 2016 Shanghai*. 10–15 July 2016.
12. Ali Cem Kuzu, Emre Akyuz, Ozcan Arslan. Application of Fuzzy Fault Tree Analysis (FFTA) to maritime industry: A risk analyzing of ship mooring operation. *Ocean Engineering*. Volume 179, 1 May 2019, Pages 128–134.
13. John James Stiff. SS: MODU Risk-MODU Mooring Comparative Risk Assessment. *Offshore Technology Conference*, Houston, Texas, May 2009. Published: May 04 2009.
14. Bram Sluiskes. Safety in Mooring. *Terra et Aqua*. Number 143. June 2016 Pages 14–19.
15. Patriarca, R., Bergström, J. Modelling complexity in everyday operations: functional resonance in maritime mooring at quay. *Cogn Tech Work* 19, 711–729 (2017).
16. Safety Management System of the Sealestial Navigation Ship Management Company. Greece, 2010.
17. Safety Management System of the China Navigation Ship Management Company. Hong Kong, 2005.
18. Safety Management System of the Orion Ship Management Company. Germany, 2006.
19. Safety Management System of the Trita Maritime Ship Management Company. Greece, 2007.
20. Safety Management System of the Asterismos Navigation Ship Management Company. Greece, 2007.
21. Sagaydak O. Application of existing risk assessment methods for optimization of cargoes/ships search using electronic technologies. *III International Maritime Scientific Conference of the Ship Power Plant and Technical Operation Department of Odessa National Maritime University MPP&O-2021*. 29–30 April 2021p. Conference booklet p. 433–443.
22. Sagaydak O. Concept of optimization of ship-port-cargo interface, taking into account existing risk assessment methods and use of electronic technologies. *“Transport Development” Scientific journal of ONMU*. Issue 2(9), 2021, p 64–77.
23. Желдак Т.А., Коряшкіна Л.С., Ус С.А. Нечіткі множини в системах управління та прийняття рішень. Навчальний посібник. Національний технічний університет «Дніпровська політехніка». Дніпро 2020.
24. Шаркаді М.М. Нечіткі множини другого роду. *Науковий вісник Ужгородського національного університету*, 2022, том 41, № 2.

REFERENCES

1. ISO 31000:2018 Risk management – Guidelines. ISO official web-page URL: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:31000:ed-2:v1:en>.
2. Keruvannia ryzykom. Metody zahalnoho otsiniuvannia ryzyku [Keruvannia ryzykom. Metody zahalnoho otsiniuvannia ryzyku] (IEC/ISO 31010:2009, IDT) ДСТУ IEC/ISO 31010:2013, Kyiv, 2015.
3. Risk management – Risk assessment techniques. INTERNATIONAL STANDARD IEC/FDIS 31010:2009(E).
4. Dr. Noor Quddus et al. Risk Acceptance Criteria: Overview of ALARP and Similar Methodologies as Practiced Worldwide. White Paper. Mary Kay O'Connor Process Safety Center (MKOPSC). Texas Engineering Experiment Station (TEES). Texas A&M University System. January 2020.
5. Risk assessments for mooring operations URL: <https://www.shipownersclub.com> – Official web-page of The Shipowners' Club, reference date 12.09.2024
6. Official web-page of Rotterdam port. URL: <https://www.portofrotterdam.com/en/shipping/sea-shipping/other/port-call-optimisation> (reference date 18.01.2024). URL: <https://www.portofrotterdam.com/en/tools-services/pronto> (reference date 18.01.2024).
7. Ingrid I.E.M. Römers. Port Call Optimization in three oil shipping markets. Master's dissertation, Erasmus University Rotterdam International Economics & Business Studies. Port and transport economy, Rotterdam, October 2013.
8. Bikulov, V. (2019). Increasing the effectiveness of resources utilization in the conditions of destroyed infrastructure. [Pidvyshchennia efektyvnosti vykorystannia resursiv v umovakh zruinovanoi infrastruktury.] *Grain & Maritime Days in Odessa Conference*. Odesa, 31 May 2019.
9. Y.S. Rudenko. Identification and classification of risk factors on the port infrastructure objects. *Messenger of Odessa National Maritime University No 3 (39)*, 2013, p 233-240
10. Y.S. Rudenko. Model of the port infrastructure safety management. *Sophisticated systems' management* (20–2014), p 54–60.
11. Petros L. Pallis Port Risk Management in Container Terminals. *World Conference on Transport Research – WCTR 2016 Shanghai*. 10–15 July 2016.
12. Ali Cem Kuzu, Emre Akyuz, Ozcan Arslan. Application of Fuzzy Fault Tree Analysis (FFTA) to maritime industry: A risk analyzing of ship mooring operation. *Ocean Engineering*. Volume 179, 1 May 2019, Pages 128–134.
13. John James Stiff. SS: MODU Risk- MODU Mooring Comparative Risk Assessment. *Offshore Technology Conference*, Houston, Texas, May 2009. Published: May 04 2009.
14. Bram Sluiskes. Safety in Mooring. *Terra et Aqua*. Number 143. June 2016 Pages 14–19.

15. Patriarca, R., Bergström, J. Modelling complexity in everyday operations: functional resonance in maritime mooring at quay. *Cogn Tech Work* 19, 711–729 (2017).
16. Safety Management System of the Sealestial Navigation Ship Management Company. Greece, 2010.
17. Safety Management System of the China Navigation Ship Management Company. Hong Kong, 2005.
18. Safety Management System of the Orion Ship Management Company. Germany, 2006.
19. Safety Management System of the Trita Maritime Ship Management Company. Greece, 2007.
20. Safety Management System of the Asterismos Navigation Ship Management Company. Greece, 2007.
21. Oleksandr Sagaydak. Application of existing risk assessment methods for optimization of cargoes/ships search using electronic technologies. *III International Maritime Scientific Conference of the Ship Power Plant and Technical Operation Department of Odessa National Maritime University MPP&O-2021*. 29-30 April 2021p. Conference booklet p. 433–443.
22. O.I. Sagaydak. Concept of optimization of ship-port-cargo interface, taking into account existing risk assessment methods and use of electronic technologies. *“Transport Development” Scientific journal of ONMU*. Issue 2(9), 2021, p 64-77
23. T. Zheldak, L. Koryashkina, S. Us. Fuzzy sets in management and decision-making systems. [Nechitki mnozhyny v systemakh upravlinnia ta pryiniattia rishen.] Training guide. National Technical University “Dniprovska Politekhnikha” Dnipro. 2020.
24. M. Sharkadi. Fuzzy sets of the second kind. [Nechitki mnozhyny druhoho rodu.] *Scientific Bulletin of Uzhgorod University*, 2022, vol. 41, № 2.