

УДК 621.431.7

DOI: 10.31653/1819-3293-2025-1-30-41-51

ARTICLE HISTORY

Received 11.05.2025

Accepted 23.05.2025

Горб Сергій Іванович¹, Кар'янський Сергій Анатолійович²
НУ "Одеська морська академія", Одеса, Україна
gs@onma.edu.ua¹, karikonma@gmail.com²

Можливості штучного інтелекту в аналізі ризиків на судах

Gorb Sergii¹, Karianskyi Sergey²,
National University "Odessa Maritime Academy", Odessa, Ukraine
gs@onma.edu.ua¹, karikonma@gmail.com²

The Capabilities of Artificial Intelligence in Risk Analysis on Ships

Резюме. Системи управління безпекою на судах передбачають ідентифікацію небезпек, оцінювання ризиків та визначення заходів для їх усунення. Застосування інструментів штучного інтелекту дозволяє підвищити ефективність цієї роботи. З метою виявлення можливостей таких інструментів для аналізу ризиків на судах виконано порівняльний аналіз моделей: GPT-4.5, Sonnet 4, Grok 3, 2.5 Flash, GPT-4, Qwen3-235B-A22B та DeepSeek-R1. Встановлено, що всі розглянуті моделі порівняно з експертними методами забезпечують глибший аналіз, кращу структурованість опису ризиків, пропонують ефективніші контрзаходи, точніше оцінюють категорії ризиків та значно скорочують трудові витрати. Найкращі результати продемонстрували моделі GPT-4.5 та Sonnet 4.

Summary. Ship safety management systems involve hazard identification, risk assessment, and determining measures to mitigate them. The application of artificial intelligence tools enhances the efficiency of this process. To explore the potential of such tools for risk analysis on ships, a comparative analysis of the following models was conducted: GPT-4.5, Sonnet 4, Grok 3, 2.5 Flash, GPT-4, and DeepSeek-R1. It was found that all the models examined, compared to expert methods, provide deeper analysis, better-structured risk descriptions, propose more effective countermeasures,

more accurately assess risk categories, and significantly reduce labor costs. The best results were demonstrated by the GPT-4.5 and Sonnet 4 models.

Сучасне морське судноплавство характеризується високою складністю операцій і зростанням потенційних загроз безпеці. Широкий спектр небезпек охоплюють операційні ризики на судах: від ризиків навігації і стихійних явищ до аварій обладнання та помилок екіпажу. Згідно з Міжнародним кодексом з управління безпечною експлуатацією суден та запобіганням забруднення (ISM Code) судноплавні компанії зобов'язані впроваджувати Системи управління безпекою (Safety Management System – SMS), які включають ідентифікацію небезпек, оцінку ризиків і запобіжні заходи. ISM Code допускає гнучкість у виборі методів аналізу ризиків.

Управління ризиками ґрунтується на стандарті ISO 31000:2018 [1], який визначає комплексний підхід, що інтегрується в усі процеси організації. Цикл управління ризиками включає встановлення контексту, ідентифікацію, аналіз ризиків, прийняття рішень щодо контрзаходів, моніторинг і перегляд. Ідентифікація ризиків полягає у виявленні можливих подій, які можуть негативно вплинути на цілі судноплавства (наприклад, загоряння, затоплення, втрата ходових властивостей тощо). Аналіз ризиків означає оцінку ймовірності та наслідків цих подій. Часто для цього застосовують якісні матриці ризику 3×3 або 5×5, FMEA (аналіз відмов і наслідків), дерева подій (Event tree) чи інші методи [2].

У суднових SMS вимагається для кожної ідентифікованої загрози оцінювати її ймовірність (частоту) і тяжкість наслідків (втрати). За цими показниками з використанням матриці ризику визначається "категорія ризику", яка умовно відображає ситуацію "ймовірність × втрати" [3, 4]. Основний метод такого аналізу – експертний мозковий штурм з узагальнення фактів і даних з минулого.

За результатами аналізу ризиків вибираються пріоритетні контрзаходи – технічні, організаційні, людські (наприклад, тренування, інструктаж). Заходи мають усунути причину ризику або зменшити його ймовірність/наслідки.

Після умовного впровадження контрзаходів кожен ризик переоцінюється щоб визначити залишковий ризик та оцінити ефективність заходів. Цей процес є циклічним з уточненням результатів на кожному кроці.

Для виявлення потенційних джерел і аналізу ризиків у судових SMS рекомендується використовувати структуровані методики HAZID (Hazard Identification) та HAZOP (Hazard and Operability Study). HAZID – це методологія, яка використовується для якісної оцінки ризиків шляхом ідентифікації потенційних небезпек та їх можливих наслідків. HAZOP – це більш деталізована методологія, яка застосовується для аналізу складних систем, таких як силові установки, паливні системи чи системи управління судном. HAZOP базується на систематичному аналізі відхилень від нормального функціонування системи з використанням керівних слів (наприклад, "більше", "менше", "немає"). Метод передбачає розбиття системи на вузли, визначення можливих відхилень у роботі кожного вузла та оцінку їх наслідків [5]. Наприклад, відхилення типу "немає потоку" в системі подачі палива може призвести до зупинки двигуна, що становить серйозний ризик у відкритому морі.

Незважаючи на наявність методик, судові екіпажі часто не мають часу та компетентності для повноцінного аналізу ризиків [4, 6, 7]. Через це звітність іноді заповнюється формально або постфактум [8, 9]. Окремі компанії впроваджують офісний контроль, інструктажі, створення баз даних інцидентів, однак ці заходи не усувають системних проблем, і вдосконалення практики аналізу ризиків на судах залишається актуальним [10].

Попереднім дослідженням [4] показано, що застосування штучного інтелекту для аналізу ризиків може кардинально покращити ефективність цієї роботи на судах. Однак для оцінки можливостей інструментів штучного інтелекту необхідно продовжити це дослідження для аналізу ризиків при виконанні більш спеціалізованих робіт на судах і визначити які моделі нейромереж дають кращі результати.

Для поставленого завдання обрано роботу – капітальний ремонт дизель-генератора CAT 3512C потужністю 1600 кВт при 690 В / 60 Гц. (TOP Overhaul of Diesel Generator) на самопідйомній баржі Jack Up Barge "Falcon Pearl" (IMO № 9757709). Ця робота зазвичай виконується в умовах обмеженого простору машинного відсіку, високого рівня шуму та вібрацій, наявності горючих речовин (паливного, мастила), а також у складних морських умовах, що включають можливі нахили та хитавицю судна. Під час ремонту є складні дії з демонтажу і монтажу вузлів двигуна, очищення і заміни компонентів, випробування систем живлення та охолодження, що створює багатофакторний ризиковий профіль.

Самопідйомна баржа "Falcon Pearl" має загальну довжину 89,9 м, загальну ширину 40,2 м, дедвейт 7602 т, максимальну швидкість 6,0 вузлів, екіпаж – 15 осіб, пасажирів до 135 осіб.

Нейросетям надавалася Інструкція з аналізу ризиків, в якій використані категорії прогнозованих втрат, ймовірність виникнення ризиків та категорії ризиків, що запропоновані у роботі [4], але з приведенням цифрових значень прогнозованих втрат до ринкової вартості баржі (за оцінкою нейронної моделі Grok 3 ринкова вартість дорівнює 100 млн. доларів).

Для аналізу використано запит (prompt): "Вивчи доданий опис судна та виконай аналіз ризиків відповідно до доданої інструкції з аналізу ризиків під час здійснення на судні капітального ремонту дизель-генератора CAT 3512C".

При виконанні цієї роботи у 2025 році судновий екіпаж ідентифікував експертним методом 9 ризиків, яким надав початкові (до вжиття заходів впливу) та кінцеві (після вжиття заходів впливу) категорії: високий; середній; низький. Це такі ризики (у дужках наведено їх категорії до і після вжиття заходів впливу):

1. Неправильне технічне обслуговування (середній/низький);
2. Неправильне використання засобів індивідуального захисту (середній/низький);
3. Травми при ремонті (середній/низький);
4. Посковзування, спотикання та падіння (середній/низький);
5. Помилки під час підготовки робіт (середній/низький);
6. Помилки під час підйому компонентів (середній/низький);
7. Теплове ушкодження персоналу (високий/низький);
8. Відмова обладнання судна (високий/низький);
9. Знеструмлення у разі відмови дизель-генератора (середній/низький).

Перераховані ризики лише частково сформульовані в термінах можливих негативних подій/наслідків, які можуть статися в майбутньому внаслідок виконання ремонту. Це ускладнює їх порівняння з ризиками, що ідентифікуються штучним інтелектом. Також слід врахувати, що ризики 1, 8 і 9 не належать безпосередньо до роботи – "капітальний ремонт дизель-генератора".

В Інструкції з аналізу ризиків для нейромереж використовувалися більш деталізовані категорії ризиків: критичний; високий; середній; низький; несуттєвий. Результати аналізу ризиків нейромережами наступні.

Чат-бот **Grok** з використанням моделі "**Grok 3**" у режимі "Think" ідентифікував 6 ризиків та надав їм категорії, які наведені у дужках до і після вжиття заходів впливу:

1. Зіпсування обладнання під час ремонту (середній/низький);
2. Травмування персоналу (високий/низький);
3. Пожежа або вибух (високий/середній);
4. Затримка в термінах ремонту (середній/несуттєвий);
5. Забруднення середовища (низький/несуттєвий);
6. Фінансові втрати (високий/низький).

Результати аналізу ризиків (також заходи впливу) моделлю "**Grok 3**" в порівнянні з ручним аналізом виявилися більш повними й обґрунтованими.

Бот **ChatGPT** з використанням моделі **GPT-4** (у моделі не використовується режим "Deep Research") ідентифікував 6 ризиків та надав їм категорії, які наведені у дужках до і після вжиття заходів впливу:

1. Пожежа через витік палива або масла під час демонтажу (високий/низький);
2. Ушкодження персоналу через падіння важких деталей (високий/низький);
3. Ураження електричним струмом під час випробування після ремонту (середній/несуттєвий);
4. Інтоксикація парами пального, мастила, мийних засобів (високий/низький);
5. Порушення стабільності судна через зсув вантажу або обладнання (середній/несуттєвий);
6. Вибух при запуску після капремонту внаслідок помилок складання (середній/низький).

Результати аналізу ризиків (також заходи впливу) моделлю "**GPT-4**" в порівнянні з результатами "**Grok 3**" виявилися менш повними та ідентифікований ризик "порушення стабільності судна через зсув вантажу або обладнання" навряд чи може оцінюватись як середній, якщо співвіднести вагу компонентів дизель-генератора з розмірами судна.

Бот **ChatGPT** з використанням моделі "**GPT-4.5**" та режиму "Deep Research" спочатку оцінив прогнозовані втрати з використанням назв категорій, які не відповідали Інструкції з аналізу ризиків. Але після зауваження виправив аналіз, ідентифікував 10 ризиків та надав їм категорії, які наведені у дужках до і після вжиття заходів впливу:

1. Падіння важких компонентів при підйомних роботах (високий/середній);
2. Руйнування двигуна, вихід генератора з ладу та потенційні травми через неправильну збірку деталей двигуна (високий/середній);
3. Пожежа через розливи пального чи масла під час ремонту (високий/середній);
4. Пожежа через виконання зварювальних або різальних робіт (високий/середній);
5. Ураження електричним струмом при роботі з електричними компонентами генератора (середній/середній);
6. Спотикання і падіння з травмами через слизькі або нерівні поверхні в машинному відділенні, а також нахил судна (високий/низький);
7. Теплове ушкодження персоналу через високу температуру повітря (середній/низький);
8. Захворювання дихальних шляхів та шкіри через контакт і вдихання парів пального, масла або хімікатів (середній/низький);
9. Зниження резервних потужностей судна та вплив на роботу критичних систем, наприклад, динамічного позиціонування (середній/низький);
10. Розтягування і травми м'язів спини через ручне переміщення важких агрегатів (середній/низький).

Такий аналіз можна вважати найбільш повним та обґрунтованим. Однак слід враховувати, що модель "GPT-4.5" може бути недоступною у безкоштовній версії ChatGPT.

Чат-бот **Gemini** з використанням моделі **"2.5 Flash"** та режиму **"Deer Research"** ідентифікував 7 ризиків та надав їм категорії, які наведені у дужках до і після вжиття заходів впливу:

1. Серйозна травма або смертельний випадок через падіння важких компонентів, ураження електричним струмом, небезпеки замкнутого простору, впливу небезпечних матеріалів, посковзування/спотикання/падіння, шуму/вібрації (критичний/високий);
2. Пожежа/вибух під час ремонту через витік палива/мастила, іскри від гарячих робіт, несправності електрообладнання, накопичення горючих парів (критичний/середній);
3. Пошкодження дизель-генератора через неправильне зберігання, падіння інструментів/деталей, неправильне збирання, забруднення систем (високий/середній);
4. Забруднення навколишнього середовища через розливи палива/мастила, неналежної утилізації відходів, викидів небезпечних речовин (критичний/середній);

5. Затримка завершення ремонту та простий судна (високий/низький);

6. Перевитрата бюджету (середній/низький);

7. Втрата репутації компанії через серйозні інциденти (високий/низький).

У такому аналізі ризики добре структуровані та найбільш добре пояснені. Проте деякі оцінки категорій ризиків можливо завищені за рахунок завищення категорій прогнозованих втрат.

Чат-бот **Claude** з використанням моделі "**Sonnet 4**" найбільш чітко дотримувався Інструкції з аналізу ризиків, ідентифікував 10 ризиків та надав їм категорії, які наведені у дужках до і після вжиття заходів впливу:

1. Втрата електроживлення судна під час демонтажу основного генератора через одночасний вихід з ладу інших генераторів (високий/низький);

2. Пожежа в машинному відділенні через розлив палива (високий/низький);

3. Травмування персоналу під час підйому важких компонентів дизель-генератора (високий/низький);

4. Пошкодження системи динамічного позиціонування через вібрації або відключення живлення (високий/низький);

5. Забруднення морського середовища розливом масел або палива (середній/низький);

6. Затримка в графіку робіт через непогоду або технічні проблеми (середній/низький);

7. Втрата остійності судна через переміщення важких компонентів (середній/низький);

8. Пошкодження інших систем судна через помилки при монтажі або підключенні (середній/низький);

9. Неправильна робота після ремонту через дефекти монтажу або налаштування (низький/несуттєвий);

10. Корозійне пошкодження через вплив морського середовища під час тривалих робіт (середній/низький).

Заходи впливу на ризики викладені лаконічно, але у достатньому обсязі. В цілому аналіз ризиків виконано на високому рівні, але як і у моделі "**Grok 3**" є сумнів, що ідентифікований ризик "втрата остійності судна через переміщення важких компонентів" може оцінюватися як середній, якщо співвіднести вагу компонентів дизель-генератора з розмірами судна.

Чат-бот **Qwen** з використанням моделі "**Qwen3-235B-A22B**" без режиму "Think" чітко дотримувався Інструкції з аналізу ризиків, ідентифікував 8 ризиків та надав їм категорії, які наведені у дужках до і після вжиття заходів впливу:

1. Ураження електричним струмом (середній/несуттєвий);
2. Пожежа або вибух (низький/несуттєвий);
3. Механічні травми (високий/низький);
4. Забруднення морського середовища (низький/несуттєвий);
5. Втрати працездатності дизель-генератора (середній/низький);
6. Отруєння або хімічний опік (низький/несуттєвий);
7. Перегрів двигуна після ремонту (низький/несуттєвий);
8. Вплив на здоров'я через шум і вібрацію (низький/низький).

Загалом модель виконала поставлене завдання, але надмірно лаконічно запропонувала заходи впливу. У моделі передбачено режим "Think", але у безкоштовній версії він має великі обмеження. Пробне використання цього режиму не покращило опис заходів впливу, але трохи уточнило оцінку категорій ризиків.

Чат-бот **DeepSeek** з використанням моделі "**DeepSeek-R1**" та режиму "Deep Think" спочатку виконав аналіз ризиків із порушенням вимог Інструкції з аналізу ризиків. Але після зауваження ідентифікував 5 ризиків та надав їм категорії, які наведені у дужках до і після вжиття заходів впливу:

1. Втрата електропостачання через вимкнення генератора під час ремонту (критичний/несуттєвий);
2. Пожежа/вибух під час робіт з паливною системою (високий/несуттєвий);
3. Падіння обладнання (високий/низький);
4. Пошкодження суднових систем при демонтажі (середній/несуттєвий);
5. Травми персоналу (високий/низький).

Такий аналіз ризиків, а також запропоновані заходи щодо впливу на ризики, найменш якісні порівняно з використанням інших моделей.

Чат-бот **Mistral AI** у безкоштовній версії не дозволив виконати аналіз ризиків оскільки не допускає завантаження більше одного файлу.

Порівняння способів та моделей нейромереж для аналізу ризиків конкретної судової операції свідчить, що використання нейромереж дозволяє:

- поглибити аналіз ризиків;

покращити структурування та опис ризиків;
запропонувати більш ефективні заходи щодо впливу на ризики;
більш точно оцінити категорії ризиків до та після запровадження заходів щодо впливу на ризики;
суттєво скоротити трудовитрати на аналіз ризиків.

Порівняння моделей нейромереж дозволило сформулювати їх умовний рейтинг для аналізу ризиків:

1. ChatGPT з використанням моделі "GPT-4.5" (модель стала доступна з березня 2025 року) та режиму "Deep Research";

2. Claude з використанням моделі "Sonnet 4" (модель стала доступна з травня 2025 року);

3. Grok з використанням моделі "Grok 3" у режимі "Think";

4. Gemini з використанням моделі "2.5 Flash" та режиму "Deep Research";

5. Qwen з використанням моделі "Qwen3-235B-A22B";

6. ChatGPT з використанням моделі GPT-4;

7. DeepSeek з використанням моделі "DeepSeek-R1" та режиму "Deep Think".

Рейтинг показує, що нові моделі дали результати, які перевершили результати раніше лідируючої моделі "Grok 3".

Оскільки на ринок нейромереж динамічно виводяться нові моделі, можна припустити, що рейтинг має тимчасовий характер і навіть у найближчому майбутньому з'являться нові моделі, які дозволять суттєво покращити аналіз ризиків на судах.

В даний час через можливі неточності у відповідях моделей нейромереж доцільно одночасно оцінювати ризики за допомогою декількох моделей та інтегрувати їх результати.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

1. ISO 31000:2018 Risk management – Guidelines. Second edition. – Geneva: ISO copyright office. – 2018. – 24 p.

2. ДСТУ EN IEC 31010:2022. Керування ризиками – методи оцінки ризиків.

3. A Guide to Risk Assessment in Ship Operations – No 127: IACS Rec. 2012/Rev.1 2021. – 6 p.

4. Горб, С. І., Сагайдак, О. І., Горб, О. С. Використання штучного інтелекту для оцінки ризиків на морських суднах// Автоматизація суднових технічних засобів: наук.-техн. зб. – 2024. – Вип. 29. – Одеса: НУОМА. – С. 33 – 42.

5. Kletz T. A. Hazop & Hazan: Identifying and assessing process industry hazards (4th ed.). – Rugby, UK: Institution of Chemical Engineers, 1999. – 232 p.

6. Waldemar Daszuta, Samrat Ghosh. Seafarers' perceptions of competency in risk assessment and management: an empirical study. //WMU Journal of Maritime Affairs. – 2018. – Volume 17. – P. 543 – 564.

7. Samrat Ghosh, Waldemar Daszuta. Failure of risk assessment on ships: factors affecting seafarer practice. //Australian Journal of Maritime & Ocean Affairs. – 2019. – Volume 11. – Issue 3. – P. 185 – 198.

8. Gorb Sergey, Gorb Alex. Measuring risk; a practical approach. //Seaways. – 2013. – March. – P. 11 – 14.

9. Горб, С. И., Горб, А. С. Оценка рисков в техническом менеджменте судов. //Автоматизация судовых технических средств: науч. -техн. сб. – 2012. – Вып. 18. – Одесса: ОНМА. – С. 13 – 22.

10. Carmen Gasparotti. The Assessment of the Marine Risks Based on the Formal Safety Assessment. //The Annals of "Dunarea de Jos". – Galati: University of Galati, 2022. – P. 91 – 98.

Abstract. Ship safety management systems involve hazard identification, risk assessment, and determination of measures for their elimination. In order to identify the capabilities of artificial intelligence tools for risk analysis on ships, a comparison of analysis results was performed using 7 models for the major overhaul operation of a CAT 3512C diesel generator on the self-elevating barge Jack Up Barge "Falcon Pearl".

The risk analysis results (including impact measures) from the "Grok 3" model compared to manual analysis proved to be more comprehensive and well-founded.

The risk analysis results (including impact measures) from the "GPT-4" model compared to "Grok 3" results proved to be less comprehensive and well-founded.

The risk analysis by the "GPT-4.5" model can be considered the most comprehensive and well-founded.

The risks identified by the "2.5 Flash" model are well-structured and best explained. However, some risk category assessments may be overestimated due to inflated predicted loss categories.

When using the "Sonnet 4" model, risk impact measures are presented concisely but in sufficient detail. Overall, the risk analysis was performed at a high level, but similar to the "Grok 3" model, there are doubts about the validity of one risk.

The "Qwen3-235B-A22B" model completed the assigned task but proposed impact measures too concisely.

When using the "DeepSeek-R1" model, the risk analysis as well as the proposed risk impact measures were of the lowest quality compared to using other models.

The comparison of neural network methods and models for risk analysis of a specific ship operation demonstrates that using neural networks allows for: deepening risk analysis; improving risk structuring and description; proposing more effective risk impact measures; more accurately assessing risk categories before and after implementing risk impact measures; significantly reducing labor costs for risk analysis.

It was concluded that due to possible inaccuracies in neural network model responses, it is advisable to simultaneously assess risks using several models and integrate their results.