

УДК 656.6:629.067

МОДЕЛЮВАННЯ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА БЕЗПЕКИ СУДНА НА ОСНОВІ МНОЖИННОЇ ЛІНІЙНОЇ РЕГРЕСІЇ

Канд. техн. наук О. М. Мельник

MODELING THE INTERRELATION BETWEEN ENERGY EFFICIENCY AND SHIP SAFETY BASED ON MULTIPLE LINEAR REGRESSION

PhD (Tech.) O. Melnyk

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-852.204.2023.284042>



Анотація. Енергоефективність і безпека судна є двома важливими аспектами морського транспорту, що мають істотне значення для економічної ефективності, захисту довкілля та безпеки мореплавання. Безпека судна – це перш за все захист екіпажу, вантажу і довкілля. Енергоефективні технології в судноплаванні сприяють економічній ефективності, зниженню витрат на паливо, скороченню викидів парникових газів, а головне спрямовані на підвищення маневреності судна, зменшуючи ймовірність його потрапляння в аварійні ситуації; вибір енергоефективних матеріалів і оптимізація конструкції і корпусу підвищують стійкість судна до несприятливих умов. У цій статті досліджується зв'язок між ефективністю використання енергетичних ресурсів і безпекою експлуатації судна. Основною метою дослідження є оцінювання впливу енергоефективності судна на його безпеку в контексті експлуатації. У дослідженні застосовується методика для встановлення зв'язку між незалежними змінними, такими як енергоефективність, технічний стан судна, рівень навичок екіпажу, і залежною змінною – безпекою експлуатації судна. Стаття є результатом аналізу даних флоту компанії, де кожне судно оцінюється за показниками енергоефективності та безпеки. З використанням моделі множинної лінійної регресії пропонується визначення коефіцієнтів впливу кожної незалежної змінної на безпеку судна. Ці коефіцієнти регресії дають змогу оцінити внесок кожного фактора в загальну безпеку судна та виявити найбільш значущі з них. Результати дослідження свідчать про значний вплив енергоефективності судна на безпеку його експлуатації, адже судна з вищими показниками енергоефективності мають високий рівень безпеки в експлуатації. Це дає змогу судовласникам та операторам суден вживати заходів щодо покращення енергоефективності власного флоту для підвищення безпеки та ефективності експлуатації. Результати цього дослідження можуть бути корисними для судовласників, операторів суден, а також представників морських організацій і регуляторних органів, що займаються безпекою судноплавства.

Ключові слова: енергоефективність, безпека судна, морська індустрія, викиди парникових газів, економічна ефективність, маневреність, аварійні ситуації, екіпаж, довкілля, матеріали, конструкція, морський транспорт.

Abstract. Energy efficiency and ship safety are two important aspects of maritime transportation that are essential for economic efficiency, the environment and maritime safety. Ship safety ensures the protection of crew, cargo and the environment. Energy-efficient technologies in shipping contribute to economic efficiency and lower fuel costs, as well as reduce greenhouse gas emissions and, most importantly, increase ship maneuverability, reducing the likelihood of getting into accidents, while the choice of energy-efficient materials and optimization of the structure and

hull increase the ship's resistance to adverse conditions. This article explores the relationship between energy efficiency and ship safety. The main objective of the study is to assess the impact of ship energy efficiency on safety in the context of operation. The study applies a methodology to establish the relationship between independent variables, such as energy efficiency, ship's technical condition and crew training, and the dependent variable, ship's operational safety. The article presents the results of the analysis of the company's fleet data, where energy efficiency and safety indicators evaluate each vessel. Using a multiple linear regression model, the coefficients of influence of each independent variable on ship safety were determined. These regression coefficients allow us to assess the contribution of each factor to the overall safety of the ship and identify the most significant factors. The results of the study indicate a significant impact of ship energy efficiency on operational safety. Vessels with higher energy efficiency indicators have a high level of operational safety. This allows shipowners and ship operators to take measures to improve the energy efficiency of their fleet in order to increase safety and efficiency of operation. The results of this study can be useful for ship owners, ship operators, as well as for representatives of maritime organizations and regulatory authorities involved in shipping safety.

Keywords: energy efficiency, vessel safety, maritime industry, greenhouse gas emissions, economic efficiency, maneuverability, emergencies, crew, environment, materials, construction, maritime transport.

Вступ. На сьогодні сучасний морський транспорт стикається зі значними викликами, пов'язаними з питаннями енергоефективності та безпеки. Зростаючі вимоги до енергоефективності світового флоту є наслідком зростання свідомості про екологічні проблеми та потреби в зменшенні викидів шкідливих речовин і зменшенні споживання палива. Енергоефективність суден стає важливим фактором для забезпечення сталого розвитку морського транспорту і зменшення його впливу на довкілля. В умовах посилення екологічних вимог і прагнення до зниження операційних витрат питання ефективного використання енергії та водночас забезпечення безпеки мореплавання стають усе більш важливими. Саме тому проведення досліджень у галузі енергоефективності суден та оцінювання їхнього впливу на безпеку експлуатації є вкрай актуальним і значущим.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Наукові праці за темою дослідження підкреслюють практичний інтерес і є важливим внеском у процес з'ясування принципів взаємозв'язку між енергоефективністю і безпекою судна, а крім того, надають різні підходи і методи

поліпшення ефективності експлуатації та забезпечення безпеки на суднах.

Так, у роботі [1] досліджується оптимізація енергоефективності суден з урахуванням навігаційного середовища та безпеки. Праця [2] присвячена розгляду системи оцінювання безпеки експлуатації шлюзу за допомогою методу варіаційних коефіцієнтів і розширеного методу матеріальних елементів. У роботах [3, 4] досліджується енергоефективність та керування енергією на суднах і встановлюються базові значення індексу енергоефективності проєктування для суден на основі перевірених даних. Проведення комплексного аналізу та оцінювання практик енергоефективності суден наведено в роботі [5]. Огляд методів підтримки прийняття рішень, що використовуються при оптимізації корпусів суден для поліпшення енергоефективності, зроблено в роботі [6]. У роботі [7] розроблено метод генерації конфігурації кінцевої програми для платформи керування енергоефективністю судна. У роботі [8] пропонується стратегія підвищення енергоефективності судна на основі моделі оптимізації та підходу, заснованого на обробленні даних. Розгляд концептуальних

принципів забезпечення організаційних і технологічних аспектів безпеки суден запропоновано в роботі [9], забезпечення безпеки навігації з урахуванням зменшення впливу на довкілля – у роботі [10].

Проведені дослідження вказують на розвиток сталого потенціалу енергоефективності судна та його ролі в покращенні безпечної експлуатації. Проте не проводилися дослідження, які б оцінювали ступінь впливу енергоефективності на безпеку суден і визначали ключові фактори, що впливають на цей зв'язок.

Мета та завдання дослідження. Мета цієї статті полягає в оцінюванні зв'язку між енергоефективністю судна та його безпекою в контексті експлуатації з основним фокусом на дослідження ступеня впливу енергоефективності на безпеку судна та виявлення факторів, що сприяють підвищенню безпеки та ефективності експлуатації.

Для досягнення поставленої мети в дослідженні застосовується метод множинної регресії, що дає змогу

встановити зв'язок між різними незалежними змінними, такими як енергоефективність, технічний стан судна і рівень навчання екіпажу та залежною змінною – фактором безпечної експлуатації судна. Аналіз даних флоту компанії дає змогу отримати результати, що будуть корисні для прийняття рішень щодо покращення енергоефективності та безпеки морського транспорту.

Основна частина дослідження. У морській галузі прагнення до підвищення енергоефективності суден стає дедалі актуальнішим з урахуванням зростаючих вимог до екологічної стійкості та енергозбереження. Не менш важливим залишається дослідження наявності чіткого зв'язку між енергоефективністю і безпекою судна, оскільки ці два аспекти взаємопов'язані та впливають на загальну продуктивність і ефективність експлуатації судна. Енергоефективність і безпека судна дійсно тісно пов'язані, і існують вагомі докази цього зв'язку. У табл. 1 наведено аргументи, що підтверджують цей зв'язок.

Таблиця 1

Взаємозв'язок факторів безпеки та енергоефективності

Фактор	Опис
1	2
Економічні вигоди	Поліпшення енергоефективності судна призводить до скорочення споживання палива та економії витрат на експлуатацію. Це особливо важливо в контексті високих цін на паливо і суворих нормативів щодо викидів. Підвищена енергоефективність також сприяє стійкій експлуатації судна в довгостроковій перспективі
Операційна безпека	Поліпшення енергоефективності часто супроводжується впровадженням сучасних технологій і систем, що також підвищують безпеку судна. Наприклад, встановлення ефективних систем керування двигуном, автоматизованих систем контролю та спостереження, а також засобів зв'язку і навігації підвищує надійність роботи судна і сприяє запобіганню можливих аварійних ситуацій
Екологічна дія на морське середовище	Підвищена енергоефективність судна також призводить до скорочення викидів шкідливих речовин і зменшення негативного впливу на довкілля. Обмеження викидів скорочує ризики екологічних аварій і покращує загальну безпеку морського середовища

1	2
Відповідність міжнародним нормам і стандартам	Міжнародні організації, такі як Міжнародна морська організація (ІМО), активно пропагують покращення енергоефективності та безпеки суден. Запровадження різних нормативів і рекомендацій щодо підвищення ефективності судових систем та операцій забезпечує дотримання високих стандартів безпеки і сприяє зниженню ризиків
Поліпшення умов роботи екіпажу та підвищення рівня комфорту	Інвестиції в підвищення енергоефективності можуть включати такі аспекти, як покращення звуко- і теплоізоляції судна, систем кондиціонування повітря та якості освітлення. Це може значно підвищити комфорт і умови роботи для екіпажу, що у свою чергу сприяє безпеці та Продуктивності
Інновації в технологіях безпеки	Поліпшення енергоефективності судна потребує застосування інноваційних технологій, що можуть підвищити безпеку. Наприклад, розроблення автоматизованих систем контролю, датчиків і систем попередження може покращити виявлення та реакцію на потенційні проблеми, що сприяє безпечному функціонуванню судна
Зниження експлуатаційних ризиків	Поліпшення енергоефективності допоможе знизити певні ризики, пов'язані з експлуатацією судна. Наприклад, покращене керування двигуном і системами знижує ймовірність відмов і аварій, а ефективне використання ресурсів, таких як паливо та енергія, допомагає уникнути проблем, пов'язаних з їхньою нестачею чи невідповідністю вимогам
Проактивний підхід до забезпечення безпеки	Підвищена енергоефективність судна потребує систематичного аналізу та оптимізації різних аспектів його роботи. Це включає дослідження та забезпечення безпеки, щоб урахувати потенційні ризики та вжити відповідних заходів заздалегідь. Такий підхід сприяє проактивній безпеці та запобіганню можливим інцидентам або аваріям

Загалом енергоефективність і безпека судна є взаємозалежними аспектами його експлуатації. Поліпшення енергоефективності сприяє економічним вигодам, операційній безпеці, екологічній стійкості та комфорту людей на борту, тоді як дотримання високих стандартів безпеки і застосування інноваційних технологій сприяють підвищенню енергоефективності. Комбінований підхід, що враховує і безпеку, і енергоефективність, дає змогу досягти найкращих результатів.

Застосування енергоефективних технологій і систем також може бути запроваджено через регуляторні заходи, стандарти і положення. Міжнародні організації, такі як ІМО, розробляють і впроваджують нормативні акти, спрямовані на підвищення енергоефективності суден і

забезпечення їхньої безпеки. Такі заходи стимулюють галузь судноплавства до розроблення та використання нових технологій, здатних підвищити як ефективність експлуатації суден, так і їхню безпеку.

Практичні приклади впровадження енергоефективних технологій і систем, що підтверджують стійкий зв'язок між енергоефективністю і безпекою судна, можна спостерігати на сучасних суднах, оснащених передовими системами керування енергоспоживанням, сенсорними технологіями для моніторингу та контролю, а також автоматизованими системами, що не лише знижують витрати на паливо, а й підвищують безпеку судна загалом. Тому енергоефективність і безпека судна взаємопов'язані та взаємозалежні, оскільки

покращення енергоефективності судна не тільки сприяє зниженню операційних витрат і екологічному сталому розвитку, а й підвищує безпеку шляхом застосування сучасних технологій, систем керування та інновацій, підвищуючи функціонал суден.

У цій роботі пропонується простежити, як методика множинної регресії може бути використана для аналізу даних флоту компанії, де кожне судно оцінюватиметься за показниками енергоефективності та безпеки. Це дасть змогу дослідити зв'язок між залежною змінною (наприклад безпекою судна) і кількома незалежними змінними (наприклад енергоефективністю, технічним станом судна, навченістю екіпажу та іншими факторами). Шляхом визначення коефіцієнтів регресії стане можливим оцінити внесок кожної з незалежних змінних, наприклад енергоефективності, у загальну безпеку судна та виявити найбільш значущі фактори, що сприяють підвищенню безпеки та ефективності експлуатації суден.

Дамо множинну регресію в такому вигляді: $\text{Безпека судна} = \beta_0 + \beta_1 \times \text{Енергоефективність} + \beta_2 \times \text{Технічний стан} + \beta_3 \times \text{Навченість екіпажу} + \dots$;

У поданому виразі $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ тощо являють собою коефіцієнти регресії, що визначають вплив кожної незалежної змінної безпеки судна. Модель також може бути розширена для включення більшої кількості факторів і ступеня взаємодії між ними.

Для застосування множинної регресії необхідно мати набір даних, що включає значення залежної та незалежних змінних для кількох суден. Ці дані можна використовувати для оцінювання коефіцієнтів регресії та проведення статистичного аналізу щодо визначення значущості кожного та зв'язку між змінними.

Припустимо, у нас є дані про флот компанії, що складається з 50 суден, з такими показниками:

- безпека судна (виражена числовою шкалою від 1 до 10) – залежна змінна;
- енергоефективність судна (у відсотках) – незалежна змінна;
- технічний стан судна (у відсотках) – незалежна змінна;
- навченість екіпажу (у відсотках) – незалежна змінна.

Сукупні дані подано в табл. 2.

Таблиця 2

Дані про флот компанії з 50 суден

Судно	Безпека	Енергоефективність	Технічний стан	Навченість екіпажу
1	8	0.85	0.90	0.95
2	6	0.70	0.80	0.80
.....
50	7	0.75	0.85	0.90

Проаналізуємо взаємозв'язок між енергоефективністю і безпекою судна на основі умовних даних у такий спосіб:

1. Припустимо, у нас є n суден, для яких є такі дані:

- X_1, X_2, \dots, X_p – значення незалежних змінних (енергоефективність, технічний стан, навченість екіпажу) для кожного судна ($i = 1, 2, \dots, n$);

- y – значення залежної змінної (безпека судна) кожного судна ($i = 1, 2, \dots, n$).

2. Для побудови моделі, що описує зв'язок між незалежними змінними та залежною змінною, використовуємо множинну регресію

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_p X_{pi} + \varepsilon_i, \quad (1)$$

де y_i – значення залежної змінної для судна;
 $X_{1i}, X_{2i}, \dots, X_{pi}$ – значення незалежних змінних для судна;

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$ – коефіцієнти регресії (ваги), що визначають внесок кожної змінної в модель;

ε_i – помилка (залишок), що є незрозумілою варіацією даних.

3. Мета розрахунку полягає в тому, щоб оцінити коефіцієнти регресії $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$, щоб отримати найкращу апроксимацію залежної змінної y на основі незалежних змінних X_1, X_2, \dots, X_p .

4. Після оцінювання коефіцієнтів регресії ми можемо використовувати модель для прогнозування безпеки судна на основі нових значень незалежних змінних. Для цього ми підставляємо значення незалежних змінних до рівняння регресії та отримуємо прогнозне значення залежної змінної:

$$\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p. \quad (2)$$

Отже, множинна регресія дає змогу нам апроксимувати залежну змінну на основі незалежних змінних і використовувати отриману модель для прогнозування значень залежної змінної для нових суден.

Після побудови моделі множинної регресії важливо оцінити її якість і ступінь придатності для передбачення залежної змінної. Тому використовуються різні метрики, такі як коефіцієнт детермінації (R^2), середня квадратична помилка (MSE) та інші. Наприклад, додатні значення коефіцієнтів вказують на позитивний зв'язок між незалежною змінною та безпекою судна. Це означає, що збільшення значень цієї змінної сприятиме підвищенню безпеки судна. З іншого боку, від'ємні значення коефіцієнтів свідчать про негативний зв'язок, де збільшення значення незалежної змінної може знизити безпеку судна.

Результати дослідження на прикладі розрахунку множинної регресії для аналізу зв'язку між енергоефективністю і безпекою судна допоможуть визначити найбільш

значущі фактори впливу на рівень безпеки, що дасть змогу вживати заходів щодо покращення енергоефективності з метою зниження ризиків і підвищення ефективності експлуатації судна.

Припустимо, ми отримали такі коефіцієнти регресії:

- енергоефективність: 1.5;
- технічний стан: 0,8;
- навченість екіпажу: 0.3;
- константа: 3.2 (константа є базовим рівнем безпеки судна, який залежить від інших змінних моделі).

Ці коефіцієнти можна використовувати для прогнозування безпеки судна на основі значень незалежних змінних. Припустимо, у нас є нове судно з такими значеннями:

- енергоефективність: 0.95;
- технічний стан: 0,88;
- навченість екіпажу: 0.92.

Ми можемо підставити ці значення в рівняння регресії для прогнозування безпеки: $\text{Безпека судна} = 3.2 + 1.5 \times \text{Енергоефективність} + 0.8 \times \text{Технічний стан} + 0.3 \times \text{Навченість екіпажу}$, і отримати рівень безпеки судна ≈ 5.605 .

У цьому випадку з урахуванням наданих коефіцієнтів і значень незалежних змінних отримуємо прогнозу безпеку судна, що дорівнює приблизно 5.605 одиницям. Це означає, що на основі даних про нове судно (його енергоефективність, технічний стан рівень навчання екіпажу) очікується, що рівень безпеки цього судна буде близько 5.605.

Прогнозні значення, отримані за допомогою рівняння регресії, можуть бути корисними для прийняття рішень і оцінювання безпеки судна на основі його характеристик. Однак слід урахувати, що точність прогнозу може залежати від якості моделі та достовірності даних. Для проведення аналізу зв'язку між енергоефективністю і безпекою судна розглянемо дані про флот судноплавної компанії, що складається з 10 суден, де кожному з суден присвоєно значення рівня безпеки і ступінь енергоефективності (табл. 3).

Таблиця 3

Дані про флот компанії з 10 суден

Судно	Безпека	Енергоефективність
1	8	0.85
2	6	0.70
3	7	0.75
4	9	0.90
5	5	0.60
6	7	0.80
7	6	0.65
8	8	0.88
9	4	0.55
10	7	0.75

Для дослідження та візуалізації статистичного зв'язку між енергоефективністю і безпекою судна побудуємо графік на основі даних про суди флоту компанії та результатів множинної регресії, що дасть змогу побачити цей зв'язок і візуально оцінити його характер.

Графік на рис. 1 показує, як зміна рівня енергоефективності судна співвідноситься зі зміною рівня безпеки. Це допомагає краще зрозуміти, наскільки важливим є цей зв'язок і які значення енергоефективності можуть передбачати певні рівні безпеки судна.

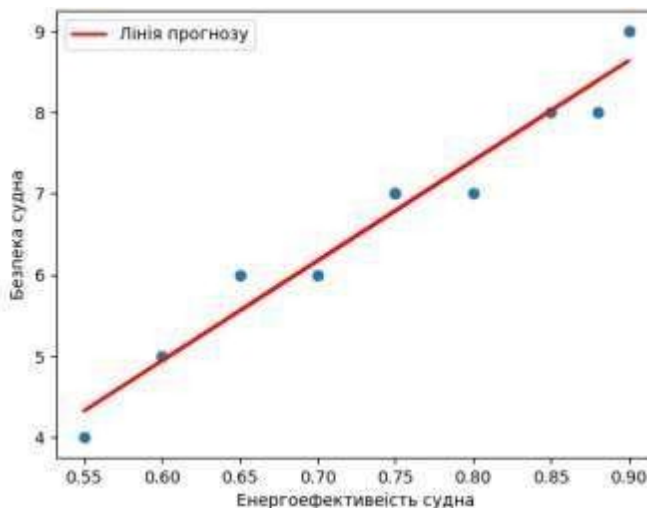


Рис. 1. Зв'язок між енергоефективністю та безпекою судна

Наведений графік і лінія регресії на основі даних про безпеку та енергоефективність судна надають інформацію про зв'язок між цими двома показниками. Аналіз графіка дає змогу визначити позитивну кореляцію між

енергоефективністю і безпекою судна, а також виявити загальну тенденцію, що більш енергоефективні судна зазвичай мають вищий рівень безпеки. Крім того, лінія регресії може бути використана для передбачення рівня безпеки на основі

енергоефективності та валідації моделі лінійної регресії. Загалом графік та лінія регресії надають наукові інструменти для аналізу і розуміння наявності чіткого зв'язку між енергоефективністю і безпекою судна, а також для прогнозування та оцінювання безпеки суден на основі їхньої енергоефективності.

Наведений нижче тривимірний графік (рис. 2) демонструє взаємозв'язок між енергоефективністю, безпекою та дає змогу побачити розподіл даних і взаємозв'язок між змінними для того, щоб визначити, чи існує

якась видима трендова залежність між енергоефективністю і безпекою судна. Наприклад, якщо існує позитивний зв'язок між цими змінними, то судна з більш високим ступенем енергоефективності можуть мати вищий рівень безпеки.

Крім того, графік може допомогти виявити викиди або аномальні значення даних у контексті відмінного відхилення від загального розподілу, що може вказувати на особливо характерні судна з надзвичайно високим або низьким рівнем безпеки.

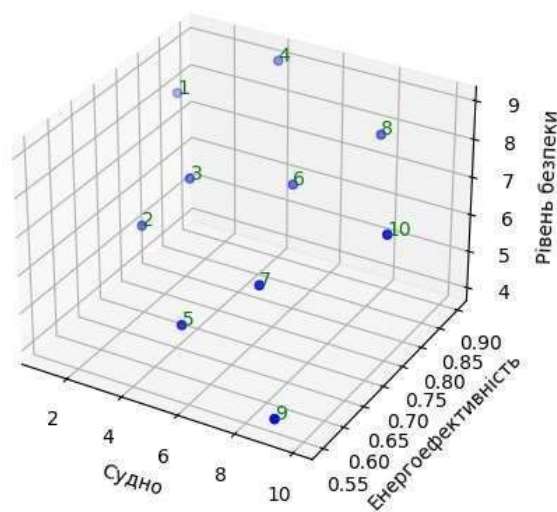


Рис. 2. Аналіз зв'язку між енергоефективністю і безпекою судна

На основі поданого графіка, що демонструє взаємозв'язок між енергоефективністю і безпекою суден, можемо зробити такі висновки:

- спостерігається позитивна кореляція між енергоефективністю і безпекою судна, оскільки судна з вищими значеннями енергоефективності зазвичай мають більш високий рівень безпеки;

- судна з низькою енергоефективністю мають низький рівень безпеки. Це свідчить, що низька енергоефективність може бути пов'язана з недостатньою якістю проектування, обслуговування або іншими факторами, які

можуть мати негативний вплив при експлуатації судна на його безпеку;

- на графіку також можна помітити певний ступінь варіабельності безпеки за різних значень енергоефективності. Це вказує на те, що енергоефективність, хоч і важлива, не є єдиним визначальним фактором безпеки судна. Імовірно, інші фактори, такі як технічний стан судна або навченість екіпажу, також впливають на безпеку.

Крім того, поданий графік підтверджує можливість використання множинної регресії для моделювання та передбачення безпеки судна на основі значень енергоефективності та інших

незалежних змінних. Рівняння регресії дає змогу отримати чисельні значення безпеки з урахуванням вхідних даних.

Отже, аналіз зв'язку між енергоефективністю і безпекою судна за допомогою запропонованої інструментарію дає змогу глибше зрозуміти і дослідити взаємозв'язок між цими параметрами та приймати поінформовані рішення в галузі проєктування, будівництва та безпечної експлуатації суден.

Висновки. Аналіз зв'язку між енергоефективністю і безпекою судна дає змогу отримати інформацію про вплив різних факторів на безпеку судна та використовувати цю модель для прогнозування безпеки нових суден на основі їхніх характеристик. Запропонована

модель множинної регресії може бути використана для прогнозування безпеки судна на основі значень незалежних змінних. Коефіцієнти регресії дають інформацію про внесок кожної незалежної змінної в модель, а метрики якості моделі допомагають оцінити її точність і придатність для використання.

Що важливо, ефективні методи навчання членів екіпажу використанню енергоефективних систем є невід'ємною складовою процесу забезпечення безпеки судна. Екіпаж повинен бути добре підготовлений і мати необхідні навички для правильного керування та моніторингу цих систем. Це допомагає запобігти помилкам в експлуатації і своєчасно реагувати на будь-які проблеми.

Список використаних джерел

1. Jon Min Hyok & Yu Chung (2023). Optimization of Ship Energy Efficiency Considering Navigational Environment and Safety. 10.1007/978-981-99-0373-3_1.
2. Li Junman & Hu Yaan & Wang Xin & Diao Mingjun (2023). Study on the Operation Safety Evaluation System of Ship Lock Combined with Variation Coefficient Method and Matter-Element Extension Method. 10.1007/978-981-19-6138-0_57.
3. Sogut M. & Ozkaynak Suleyman (2023). Energy Efficiency and Management Onboard Ships. 10.1007/978-981-99-1677-1_10.
4. Hasan S M & Karim Mashud (2022). Energy efficiency design index baselines for ships of Bangladesh based on verified ship data. Heliyon. 8. e10996. 10.1016/j.heliyon.2022.e10996.
5. Duan Minghua & Wang Yi & Fan Ailong & Yang Jian & Fan Xuelong (2023). Comprehensive analysis and evaluation of ship energy efficiency practices. Ocean & Coastal Management. 231. 106397. 10.1016/j.ocecoaman.2022.106397.
6. Tadros Mina & Ventura Manuel & Soares C. (2023). Review of the Decision Support Methods Used in Optimizing Ship Hulls towards Improving Energy Efficiency. Journal of Marine Science and Engineering. 11. 835. 10.3390/jmse11040835.
7. Wu Zhongyuan (2022). Configuration Generation Method of Ship End Program for Ship Energy Efficiency Management Platform. Wireless Communications and Mobile Computing. 2022. 1-7. 10.1155/2022/7742088.
8. Karatug Çağlar & Tadros Mina & Ventura Manuel & Guedes Soares Carlos (2023). Strategy for ship energy efficiency based on optimization model and data-driven approach. Ocean Engineering. 279. 114397. 10.1016/j.oceaneng.2023.114397.
9. Melnyk O., Ocheretna V., Shahov A. (2023). Intellectual capital is the foundation of innovative development: Conceptual principles of ensuring organizational and technological aspects of ship safety. Monographic series «European Science». Book 18. Part 1. 2023.

10. Melnyk O., Onyshchenko S. (2022). Ensuring Safety of Navigation in the Aspect of Reducing Environmental Impact. ISEM 2021, LNNS 463. P. 1–9. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-031-03877-8_9.

Мельник Олексій Миколайович, кандидат технічних наук, доцент кафедри судноводіння і морської безпеки, Одеський національний морський університет, Одеса, Україна. ORCID: 0000-0001-9228-8459. E-mail: m.onmu@ukr.net.

Melnyk Oleksiy Mykolayovych, PhD (Eng.), Assoc. Prof. at Navigation and Maritime Safety Dept., Odesa National Maritime University, Odesa, Ukraine. ORCID: 0000-0001-9228-8459. E-mail: m.onmu@ukr.net.

Статтю прийнято 29.05.2023 р.