

7. Chris Ritter. The Challenges of ROV Operations at Sea. <https://deepoceaneducation.org/resources/the-challenges-of-rov-operations-at-sea>.
8. Brito MP, Griffiths G, Challenor P. Risk analysis for autonomous underwater vehicle operations in extreme environments. Risk Anal. 2010 Dec;30(12):1771-88. doi: 10.1111/j.1539-6924.2010.01476.x.
9. Project Risk Assessment "Silas 3D Trial – Geo Ocean III & CS2 ROV". GEOxyz, 2020. 21 p.
10. Rigaud, M., Buekers, J., Bessems, J. et al. The methodology of quantitative risk assessment studies. Environ Health 23, 13 (2024). <https://doi.org/10.1186/s12940-023-01039-x>.
11. Umofia A. N. Risk-based Reliability Assessment of Subsea Control module for Offshore Oil and Gas production : thesis. 2014. URL: <http://dspace.lib.cranfield.ac.uk/handle/1826/9256/>
12. Allina Abdullah, Mohd. Hasri Hassan, Siti Hartini Hamdan; The occupational risk assessment of remotely operated underwater vehicle (ROV) operations at onshore engineering industry. AIP Conf. Proc. 28 March 2024; 2923 (1): 050002. <https://doi.org/10.1063/5.0195482>.
13. B. Buckham, M. Nahon, M. Seto, X. Zhao, C. Lambert. Dynamics and control of a towed underwater vehicle system, part I: model development. Ocean Engineering. Volume 30, Issue 4. 2003. P. 453-470. [https://doi.org/10.1016/S0029-8018\(02\)00029-X](https://doi.org/10.1016/S0029-8018(02)00029-X).

Zaiets A.Yu., Koskina Yu.O., Drozhzhyn O.L.

RISK ASSESSMENT ANALYSIS FOR THE OPERATION OF ROVS IN SERVICING OFFSHORE EXTRACTION COMPLEXES

The article discusses the risks associated with the operation of remotely operated vehicles (ROVs) in offshore extraction complexes. The focus is on analyzing specific threats that arise in marine conditions, such as mechanical damage, control system failures, adverse weather conditions, and environmental pollution. The article argues for a comprehensive approach to risk assessment that includes the use of modern technologies, such as multibeam echosounders and tension control systems, and provides recommendations for enhancing the safety and efficiency of ROV operations through the development of adaptive risk management strategies.

Keywords: risk assessment, remotely operated vehicles, marine operations, offshore extraction complexes, risk management, safety, towing

УДК 681.51:623.592

doi.org/10.33298/2226-8553.2024.3.41.03

Сокол А. О.

МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДІЯЛЬНОСТІ СУДНОВОДІВ ПІД ЧАС ТРЕНАЖЕРНОЇ ПІДГОТОВКИ

У статті розглядається метод оцінювання результатів діяльності судноводіїв під час тренажерної підготовки, наголошено на необхідності розробки нормативів, що дають змогу оцінювати освітні досягнення як індивідуально, так і в групах. Запропоновано чітку градацію оцінок для точних і часових показників. Визначено класифікаційні ознаки, що впливають на складність професійної діяльності судноводіїв, включно зі структурою інформаційної моделі, умовами сприйняття інформації, типом прийнятого рішення та особливостями виконавчих дій. Визначається раціональний набір кількості навчальних завдань з використанням математичного моделювання, що сприятиме більш ефективній підготовці кадрів для роботи на водному транспорті.

Ключові слова: тренажерна підготовка, судно, судноводій, судноводіння, судноплавство, безпека на морі, безпека на водному транспорті, безпека судноводіння, навігаційна обстановка, оцінка результатів, навчальні завдання, навчання.

Вступ. Підготовка судноводіїв – важливий аспект забезпечення безпеки та ефективності водного транспорту. В умовах динамічного навігаційного середовища та постійних змін у технологіях керування суднами потребує не лише теоретичних знань, а й висококласних практичних навичок. Тому тренажерна підготовка стає ключовим етапом у навчанні майбутніх фахівців.

Однак для досягнення високих результатів необхідне впровадження ефективних методик оцінювання навчальних досягнень, як індивідуально, так і в групах. Коректне оцінювання дає змогу визначити рівень підготовки судноводіїв, виявити слабкі місця в навчанні та своєчасно внести необхідні корективи у навчальний процес. У цій статті розглядаються методичні підходи до оцінювання результатів діяльності судноводіїв під час тренажерної підготовки, виокремлено основні особливості та вимоги до нормативів, що сприяє формуванню висококваліфікованих кадрів і підвищенню якості підготовки на рівні сучасної індустрії водного транспорту.

Аналіз літератури. Навчання судноводіїв та його оцінювання – тема, що привертає увагу дослідників у галузі морської освіти. Проте в наявній літературі виявляються як позитивні аспекти, так і значні недоліки, які потребують уваги.

Безліч досліджень наголошують на необхідності створення єдиних стандартів для оцінювання результатів тренажерної підготовки. Проте більшість із них пропонують лише фрагментарні підходи, що створює проблеми з їх практичним застосуванням. Це викликано тим, що різні освітні заклади і тренажерні центри дотримуються власних критеріїв [1, 2].

Дослідження часто обмежуються вузькими аспектами підготовки, такими як застосування конкретних тренажерів або окремих методик. Це призводить до недостатнього розуміння ролі тренажерної підготовки в загальному освітньому процесі, а також до ігнорування впливу зовнішніх чинників [3].

Багато робіт акцентують увагу на теоретичних аспектах підготовки судноводіїв, не приділяючи належної уваги практичним аспектам. Це може призвести до невідповідності між підготовкою та реальними умовами роботи у морі [4, 5].

Сучасні дослідження в галузі навчання дедалі більше акцентують увагу на індивідуалізованому підході. Проте в контексті підготовки судноводіїв цей напрям практично не досліджено. Використання стандартних методів навчання може не враховувати різноманітність індивідуальних особливостей здобувачів [6, 7].

Незважаючи на досягнення у сфері підготовки судноводіїв, залишається безліч питань, які потребують ретельного дослідження і подальшого розроблення. У кінцевому підсумку це сприятиме підвищенню якості освіти та безпеки на воді.

Мета дослідження полягає в розробці й обґрунтуванні методу оцінювання результатів діяльності судноводіїв у процесі тренажерної підготовки, що спрямовані на підвищення якості навчання та безпеки на водному транспорті шляхом застосування інноваційних підходів, таких як математичне моделювання та нечітка логіка.

Основна частина. Нормативи підготовки здобувачів індивідуально і в групах повинні мати [8, 9]:

- чотири градації для точних і часових показників якості роботи, що відповідають оцінкам підготовки судноводія – «відмінно», «добре», «задовільно», «незадовільно»;
- не менше двох рівнів (градацій) для психофізіологічних показників функціонального стану судноводія, що відповідають оцінкам «підготовлений» і «не підготовлений»;
- рівні (градацій) підготовки здобувача, що відповідають реалізованим рівням ефективності використовуюваного судна.

Під час визначення раціональної кількості навчальних завдань спочатку встановлюють кількість найважливіших класифікаційних ознак, що характеризують складність цієї професійної діяльності. До числа таких ознак відносять:

- структуру інформаційної моделі;
- умови сприйняття і переробки вхідної інформації (наприклад, заважаючі впливи, на тлі яких здійснюється ідентифікація корисних сигналів);
- вигляд прийнятого рішення;
- тип виконавчої дії судноводія тощо.

Далі визначається необхідна кількість градацій кожної ознаки.

Кількість навчальних завдань (N_y) обчислюється за формулою:

$$N_y = \prod_{j=1}^n C_j, \quad (1)$$

де n – кількість класифікаційних ознак; C_j – кількість градацій j -го класифікаційної ознаки.

Загалом, кількість навчальних завдань має бути такою, щоб здобувачі, які пройшли комплексну підготовку, не зазнавали труднощів у виконанні рутинних завдань.

Для встановлення послідовності відпрацювання різнотипних навчальних завдань необхідно визначити їхню складність. Складність завдання поняття відносне. Однак у загальному випадку складність завдання можна визначити через складність алгоритму, що реалізує його розв'язання [10, 11]:

$$\gamma_j = \gamma_{0j} A_t \frac{A_L}{A_Z}, \quad (2)$$

де γ_{0j} – коефіцієнт пропорційності; A_t – показник, що характеризує потік завдань у часі; A_L – показник логічної складності алгоритму навчального завдання; A_Z – показник стереотипності алгоритму навчального завдання.

Послідовність відпрацювання різнотипних завдань встановлюють відповідно до зростання значень показника складності:

$$\gamma_{j1} < \gamma_{j2} < \dots < \gamma_{jn}. \quad (3)$$

Під час відпрацювання однотипних завдань формування навичок з одного з них впливає на вдосконалення навичок виконання інших. Тому при визначенні послідовності їх відпрацювання, поряд зі складністю для активізації процесу навчання і підвищення його якості необхідно дотримуватися принципу позитивного перенесення отриманих навичок для вирішення нових або ускладнених завдань.

Це дасть змогу визначити ступінь збігу елементарних операцій у навчальних завданнях, що описують процес закріплення типових навичок. Це можна формально задати у вигляді K_j , який характеризує типовість операцій для j -го завдання:

$$K_j = \frac{\sum_{m=1}^q Z_{mj} S_{mj}}{\sum_{m=1}^q Z_{ij} S_{ij} + \sum_{m=1}^q Z_{mj} S_{mj}}, \quad (4)$$

де $q(n)$ – кількість однакових операцій (дій) у базовому і поточному завданні; $m(i)$ – номер операцій, що збігаються (не збігаються), у завданні; S_{mj} (S_{ij}) – коефіцієнт значущості операції; Z_{mj} (Z_{ij}) – ознака збігу (незбігу) операції.

Формальний опис процесу узагальнення (реальної інтерпретації) оцінювання ступеня та логіки алгоритмічного збігу Γ_j подано з використанням формалізованого методу нечіткої логіки. Базову терм-множину Γ_j складають терми: Незадовільно, Задовільно, Добре. Областю значень лінгвістичних змінних є: $X = [0;100] [\%]$. Функції приналежності для кожної лінгвістичної змінної та її термів подано в трапецієвидній формі [12]:

$$\mu(x) = \begin{cases} 1 - \frac{b-x}{b-a}, & a \leq x \leq b, \\ 1, & b \leq x \leq c, \\ 1 - \frac{x-c}{d-c}, & c \leq x \leq d, \\ 0, & \text{в остальных случаях.} \end{cases} \quad (5)$$

На рис. 1 наведено подання Γ_j (сукупність $\mu(x)$ для всіх термів лінгвістичної змінної, представленої у вигляді графічних образів).

Час відпрацювання навчального завдання встановлюють експериментальним шляхом. Для цього за кожною спеціальністю виділяють контрольну групу з 10 здобувачів, які пройшли психологічний відбір.

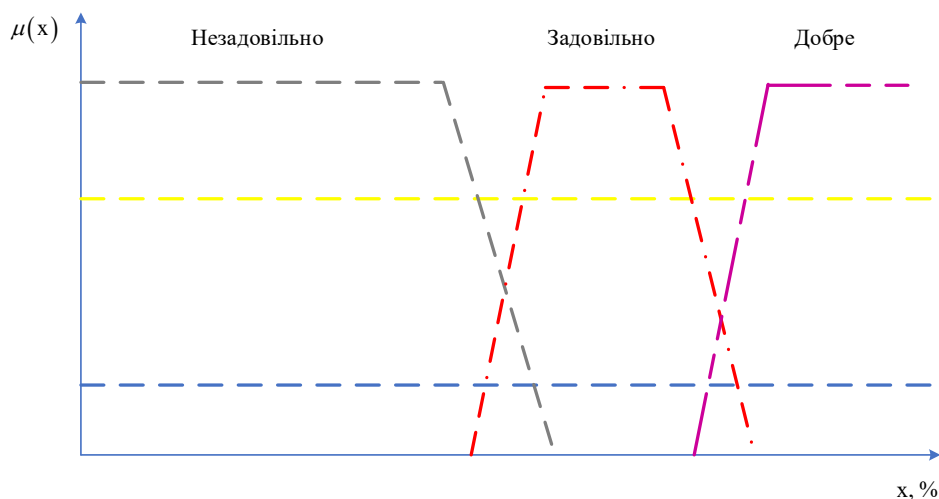


Рисунок 1 – Графічне відображення лінгвістичної змінної Γ_j

Відпрацювання завдання судноводієм підконтрольної групи може проводитися або до досягнення кожним із них заданого рівня підготовки ($Q_{\text{зад}}$), або до отримання надійних даних про перебіг підготовки, що дають змогу визначити параметри математичної моделі здатності до навчання – t_0 , Q_0 , $Q_{\text{пр}}$ [13].

Час t_{ij} досягнення i -им здобувачем заданого рівня підготовки за j -им завданням обчислюють за формулою:

$$t_{ij} = t_{0ij} \ln \left(\frac{Q_{\text{пр}j} - Q_{0ij}}{Q_{\text{пр}i} - Q_{\text{зад}i}} \right), \quad (6)$$

де t_{0ij} – коефіцієнт, що характеризує здібності i -го здобувача до навчання j -му завданню (в одиницях часу); $Q_{\text{пр}}$, Q_{0ij} – відповідно граничне і вихідне (на початку навчання) значення

показника якості роботи здобувача.

Час індивідуальної та колективної підготовки залежить від специфічних особливостей діяльності окремих здобувачів (груп здобувачів) для конкретного судна. Час, що відводиться для індивідуальної та колективної підготовки, може бути розподілена так.

Попередньо обчислюють час, необхідний для відпрацювання кожної операції конкретного навчального завдання ($t_{отр}$), за формулою:

$$t_{отрi} = \frac{S_i}{N_{оп}} t_{пj}, \quad (7)$$

де S_i – коефіцієнт, що враховує вагу i -ої операції; $N_{оп}$ – кількість відпрацьовуваних операцій у завданні; $t_{пj}$ – час, необхідний для відпрацювання j -го завдання, який визначають за допомогою моделі здатності до навчання.

Коефіцієнт, що враховує вагу i -ої операції, розраховують за формулою:

$$S_i = m_i \alpha_i \frac{t_i}{t_{np}}, \quad (8)$$

де m_i – коефіцієнт, що враховує кількість логічних умов в i -ій операції; α_i – коефіцієнт, що враховує тип зв'язку між логічними умовами в i -ій операції; t_i – час виконання i -ої операції; t_{np} – час виконання операції, що потребує найменших витрат часу.

Час, що відводиться на індивідуальну (колективну) підготовку, обчислюють за формулою:

$$t_{n(k)} = \sum_{j=1}^{N_y} \sum_{i=1}^{M(P)} t_{омpij}, \quad (9)$$

де N_y – кількість навчальних завдань; $M(P)$ – кількість операцій, що відпрацьовуються під час індивідуальної (колективної) підготовки за кожним завданням відповідно; $t_{омpij}$ – час відпрацювання i -ї операції в j -му завданні, год:

$$t_{омpij} = (30 \div 50)t_{ij};$$

де t_{ij} – час, необхідний для одноразового виконання i -ої операції в j -му завданні, год.

За необхідності проведення тестування розробка єдиної методології оцінки знань в автоматизованій системі базується на класифікації запитань залежно від варіантів відповідей. Як зразок, можна використовувати варіанти запитань із можливими відповідями, запропонованими в роботі [9], типу:

- «так - ні»;
- «один із декількох»;
- «кілька з багатьох»;
- «число»;
- «інтервал»;
- «нечіткий інтервал»;
- «слово»;
- «одне або кілька речень».

На сьогоднішній день, така класифікація є надлишковою. Але задля зручності розрахунків та збереження структурованості схеми контролю знань у роботі питання вдосконалення даної класифікації не розглядаються. Зосередимо свою увагу на проблемі приведення оцінок з контрольних питань різної природи до єдиної шкали.

Очевидно, що відповіді на запитання типу «так-ні» оцінюються за шкалою $\{0,1\}$. Оцінка

відповіді на запитання інших типів теж має належати відрізьку $[0,1]$, при цьому абсолютно правильна відповідь має оцінку «1», а неправильна – «0». Для запитань типу «один із кількох» – за єдино правильну відповідь оцінка «1», за неправильні – «0». Розглянемо запитання типу «кілька з багатьох». Для вірного оцінювання кожній правильній відповіді визначається бал так, щоб сума всіх балів дорівнювала одиниці. Кожен бал визначається, виходячи з правильності та важливості відповіді.

Для адекватного оцінювання відповідей-чисел викладач має задати ймовірне значення результату та середнє квадратичне відхилення σ в разі симетричного розподілу можливого результату або m і σ_1, σ_2 , якщо розподіл асиметричний.

Тоді інтегральний бал за відповідь розраховується за такими виразами:

$$p = \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_{m-x_0}^{m+x_0} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}} dx \right) / 0,9973, \quad (10)$$

якщо $p \in (-3\sigma, 3\sigma)$ і $p = 0$ в іншому випадку.

Розглянемо такий різновид відповідей – у вигляді інтервалів. Якщо здобувач подає відповідь у вигляді інтервалу (α, β) , а еталонна відповідь (a, b) , то бал за відповідь визначається таким чином:

$$\begin{aligned} p &= 0, \text{ якщо } (\beta \leq a) \vee (\alpha \geq b); \\ p &= 1, \text{ якщо } (\alpha \leq a) \wedge (\beta \leq b); \\ p &= \frac{b - \alpha}{b - a}, \text{ якщо } (a < \alpha) \wedge (\beta > b); \\ p &= \frac{\beta - a}{b - a}, \text{ якщо } \alpha < a < \beta < b. \end{aligned} \quad (11)$$

Запитання з відповідями типу «слово» оцінюється за синонімічною ознакою. Єдина абсолютно правильна відповідь оцінюється «1», неправильна – «0». Решта відповідей, що відповідають синонімічному ряду, отримують оцінку в інтервалі $(0,1)$.

Якщо запитання передбачає розширену відповідь у вигляді одного або кількох речень, то оцінити її автоматизованою системою на сучасному рівні розвитку можливо тільки з використання великих мовних моделей, що не завжди досяжно. Тоді таку відповідь може оцінити лише інструктор.

Однією з найважливіших є оцінка за час виконання операцій. Позначимо цей показник як «виконання часових нормативів» Q_t [10].

Функції приналежності (ФП) є ключовим елементом у теорії нечітких множин і нечіткої логіки. У цій роботі розглядатимемо і використовуватимемо трапецієвидні ФП.

Область значень аргументів містить у собі діапазон значень, які можуть бути використані для оцінки лінгвістичних змінних.

Таким чином можна представити такі процедури дій.

1. Формується таблиця відповідності між значенням оцінюваного параметра і його лінгвістичним термом (таблиця 1).

Таблиця 1 – Співвідношення значень параметрів і лінгвістичних термів

Терм	Незадовільно	Задовільно	Добре
Межі t_k, c	$t_k > \Gamma_2$	$\Gamma_1 < t_k \leq \Gamma_2$	$t_k < \Gamma_1$

Існує два основні методи визначення порогів приналежності: метод експертних оцінок і використання даних, отриманих на контрольних групах.

Формально порогови можна задати таким чином [10]:

$$\Gamma_j = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_{ij} \Theta_{ij}}{\sum_{i=1}^n \alpha_{ij}}, \tag{12}$$

де $i \in [1, m]$; $j = 1, 2$; m – кількість експертів; Θ_{ij} – значення i -го порога, що задається j -им експертом; α_{ij} – ваговий коефіцієнт, що відображає ступінь довіри i -му експерту.

2. Визначення відсотка квітування з використанням історичних даних, експертних оцінок, статистичних методів.

Таблиця 2 – Приклад розподілу квітування за термами

Оцінка	Незадовільно	Задовільно	Добре
% квітування	5	6	89

3. Отримання значень функцій приналежності.

Правило виведення (конкретизація значення) формалізовано методом нечіткої логіки. Базову терм-множину O_t складають терми: Незадовільно, Задовільно, Добре. Область міркувань $X = [0; 100][\%]$. Приналежності $\mu(x)$ для кожного терма задано у вигляді трапеції (рис. 2):

$$\mu(x) = \begin{cases} 1 - \frac{b-x}{b-a}, & a \leq x \leq b, \\ 1, & b \leq x \leq c, \\ 1 - \frac{x-c}{d-c}, & c \leq x \leq d, \\ 0, & \text{в інших випадках.} \end{cases} \tag{13}$$

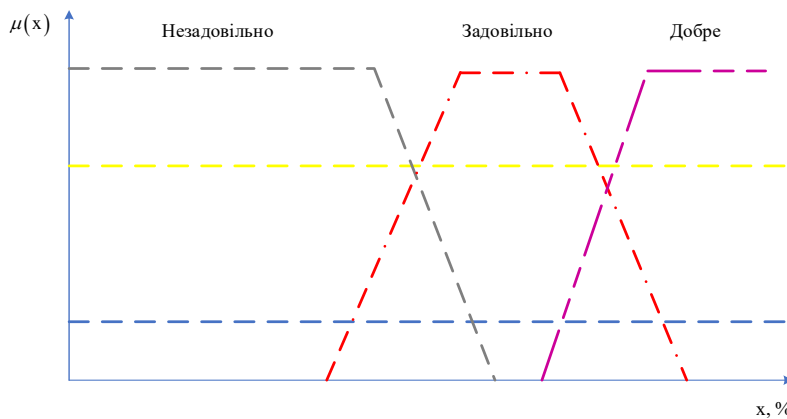


Рисунок 2 – Графічне відображення лінгвістичної змінної O_t

4. Розрахунок значення O_t .

Задаються вид функцій приналежності термів лінгвістичної змінної, порогові значення П функції приналежності для прийняття рішення про значення лінгвістичної змінної, а також області допустимих значень лінгвістичної змінної, які відповідають описуваному реальному процесу практичної діяльності.

Для другого способу.

1. Розробляється таблиця для оцінювання значення оцінюваного параметра і його термом у лінгвістичній змінній для всієї множини помилкових дій під час виконання практичних завдань учнями (таблиця 3).

Таблиця 3 – Відповідності між значенням оцінюваного параметра і його лінгвістичним термом

Терм	Незадовільно	Задовільно	Добре
Помилкова дія 1			
Межі T, c	$T > \Gamma_2$	$\Gamma_1 < T < \Gamma_2$	$T \leq \Gamma_1$
Помилкова дія 2			
Межі T, c	$T > \Gamma_2$	$\Gamma_1 < T < \Gamma_2$	$T \leq \Gamma_1$
...			
Помилкова дія n			
Межі T, c	$T > \Gamma_2$	$\Gamma_1 < T < \Gamma_2$	$T \leq \Gamma_1$

2. Обчислюється частка невірних або помилкових операцій і дій (таблиця 4).

Таблиця 4 – Приклад розподілу T за термами

Оцінка	Незадовільно	Задовільно	Добре
% помилкових дій	5	6	89

3. Отримання значень функцій належності.

4. Визначення значення O_T за сукупністю правил, аналогічних O_t .

Визначити відсоток помилок, під час ліквідації яких оператор діяв адекватно відносно кожного введеного терма лінгвістичної змінної (таблиця 5).

Таблиця 5 – Співвідношення значень параметра та лінгвістичних термів

Оцінка	Незадовільно	Задовільно	Добре
% помилкових дій	$A < \Gamma_2$	$\Gamma_2 < A < \Gamma_1$	$A > \Gamma_1$

Сумарний бал підраховуємо з використанням адитивних або мультиплікативних процедур, оскільки всі оцінки є приведеними до шкали $[0,1]$.

Таким чином, об'єднання двох способів побудови логічної схеми завдань оцінювання та приведення до єдиної шкали всієї множини відповідей дає можливість ефективного проектування та створення автоматизованих систем контролю знань у тренажерних комплексах.

Результати оцінювання діяльності здобувача під час тренажерної підготовки можуть бути представлені різними способами. У цій роботі використано підхід отримання підсумкової або інтегральної оцінки різних видів діяльності з використанням лінгвістичних змінних і положення теорії нечітких мір і множин для їхнього опису.

Для представлення результатів інтегрального оцінювання введемо такі терми значення лінгвістичної змінної: Незадовільна, Задовільна, Добра. Загальна (інтегральна) оцінка є функцією оцінок часткових показників:

$$M = F(O_t, O_A, O_T, \Gamma_j). \quad (14)$$

Для кожної лінгвістичної змінної H, Y або X отримано оцінки значень їхніх термів. Для спільного оцінювання розроблено формальний алгебраїчний процес, що описує взаємодію лінгвістичних змінних термів, заданих за допомогою операцій, наведених у таблиці 6.

Таблиця 6 – Правила додавання в алгебрі лінгвістичних термів

Складові	Незадовільно	Задовільно	Добре
Незадовільно	Незадовільно	Незадовільно	Незадовільно
Задовільно	Незадовільно	Задовільно	Задовільно
Добре	Незадовільно	Задовільно	Добре

У цьому випадку $\text{Незадовільно} + \text{Задовільно} + \text{Добре} = \text{Незадовільно}$, $\text{Добре} + \text{Добре} + \text{Задовільно} = \text{Задовільно}$ і т. д. Ця оцінка може бути отримана як за окреме завдання, набір операцій, за інтервал часу або за вирішення комплексу завдань. На рис. 3 наведено структуру методу формування узагальненої оцінки тренажерної підготовки оператора.

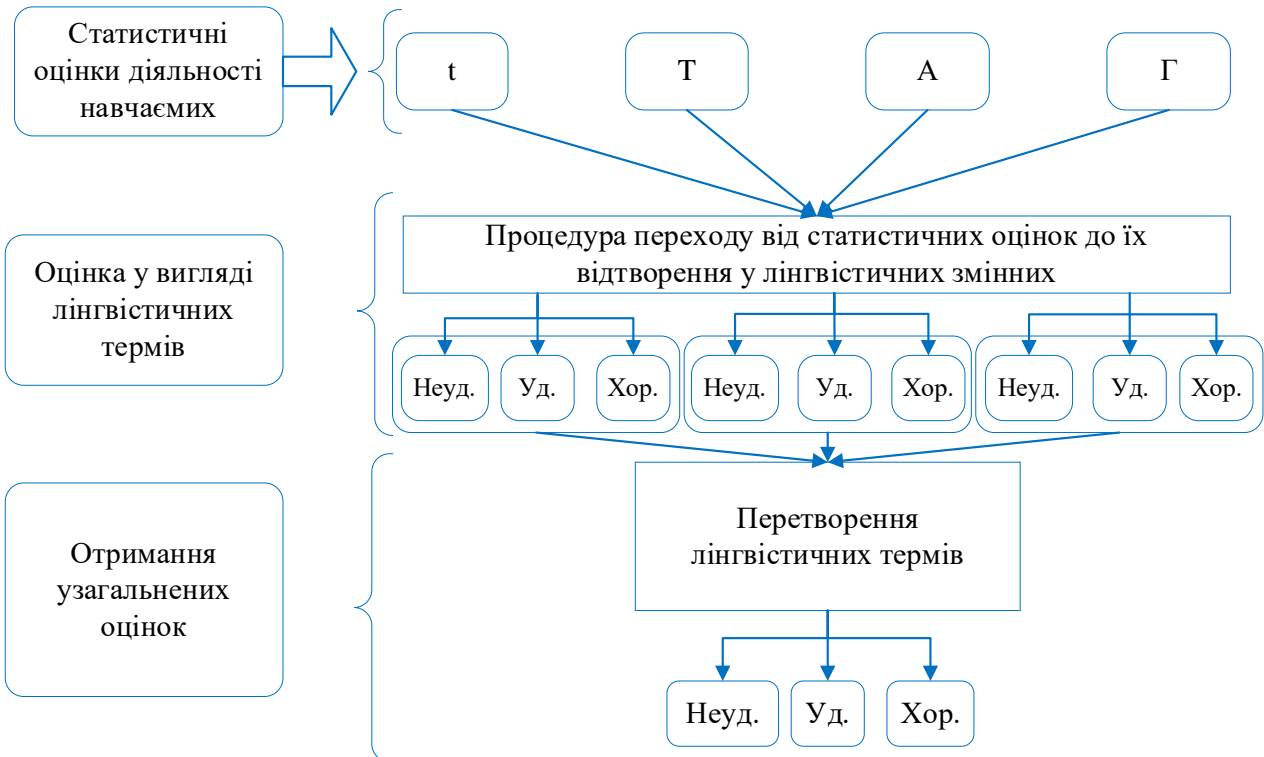


Рисунок 3 – Метод отримання узагальненої оцінки діяльності оператора з використанням нечітких термів

Узагальнену структуру методу оцінювання діяльності оператора подано на рис. 4.

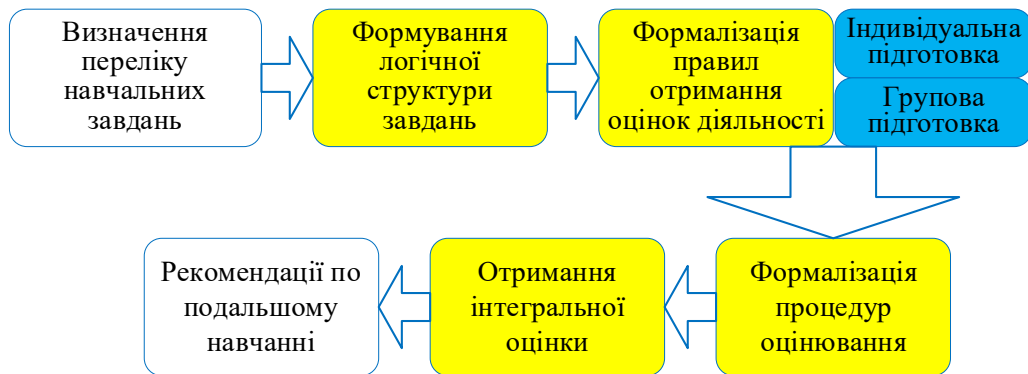


Рисунок 4 – Структура методу оцінювання діяльності оператора

Висновки. Підготовка судноводіїв є ключовим аспектом безпеки та ефективності водного транспорту. Існує необхідність у розробці чітких методик оцінювання навчальних досягнень як

індивідуально, так і в групах. Це дасть змогу виявити слабкі місця в освітньому процесі та адаптувати методи навчання.

У роботі виділено класифікаційні ознаки, що впливають на складність професійної діяльності судноводіїв. До них належать структура інформаційної моделі, умови сприйняття інформації та тип прийнятого рішення.

Обґрунтовано необхідність використання математичного моделювання для визначення оптимальної кількості навчальних завдань. Це забезпечує більш цілеспрямоване й адаптивне навчання, що дає змогу поліпшити якість підготовки.

Терми і методи нечіткої логіки, що вводяться, дають змогу точніше оцінити результати навчання з урахуванням різних чинників, що впливають на процес тренування. Це робить систему оцінювання більш гнучкою та адаптивною.

Запропоновані методи дають змогу отримати інтегральну оцінку ефективності підготовки, що ґрунтується на поєднанні знань експертів, аналізі реальних даних про тривалість навчання і статистичних методах. Це дає можливість створити адаптивні автоматизовані системи контролю знань.

При цьому не слід забувати про важливість системного підходу до оцінювання та необхідність подальших дослідницьких робіт для поліпшення практик підготовки кадрів у сфері морського транспорту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Lee, C. (2017). Developing Competency Standards for Maritime Education: A Global Perspective.
2. Mizuguchi, S. (2022). A Comparative Study of Maritime Training Standards Worldwide.
3. Jung, J. & Kim, J. (2022). A Study on the Effect of Simulator Training on Ship Navigation Skills.
4. Gibbons, J. (2021). Bridging the Gap: Linking Theoretical and Practical Aspects in Maritime Education.
5. Williams, A., & Thompson, P. (2021). Integrating Practical Training and Theoretical Knowledge in Maritime Education.
6. Baker, S. & Smith, T. (2020). Psychophysiological Factors in Maritime Training Programs.
7. Seabag, T. & Grey, L. (2020). Addressing Gaps in Maritime Training: Best Practices and Recommendations.
8. IMO (International Maritime Organization). (2020). Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers (STCW).
9. Batz, D. (2019). Effectiveness of Maritime Training: An Analysis of Assessment Mechanisms.
10. Krogius, S. & Gritsenko, A. (2019). Assessment of the Effectiveness of Simulator Training for Ship Pilots.
11. Cheng, Y. & Liu, J. (2019). Evaluating the Effect of Competency-Based Training in Maritime Education.
12. Zhang, X. (2018). Current Trends in Simulator Training for Ship Operators: A Review.
13. Katz, S. & Brown, R. (2020). The Role of Technology in Maritime Education: Opportunities and Challenges.

A.Sokol

METHOD FOR EVALUATING THE PERFORMANCE OF NAVIGATORS' ACTIVITY DURING SIMULATOR TRAINING

The article examines the method for performance evaluation of the navigator's activity during simulator training, emphasizes the need to develop standards that allow to evaluate educational achievements both individually and in groups. A clear gradation of assessments for precise and time indicators is proposed. The classification features that affect the complexity of the navigators' professional activity, including the structure of the information model, the conditions of information

perception, the type of decision made and the peculiarities of executive actions, are determined. A rational set of training tasks using mathematical modeling is determined, which will contribute to more effective training of personnel for work in water transport.

Key words: *exercise training, exercise trainingship, navigator, navigation, shipping, safety at sea, safety in water transport, safety of navigation, simulator training, navigational environment, evaluation of results, training tasks, training.*

УДК 656.61:504.06

doi.org/10.33298/2226-8553.2024.3.41.04

Бажак О.І., Гаценко Л.В.

СУЧАСНІ МЕТОДИ АДАПТАЦІЇ МОРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ ДО ВПЛИВУ ПРИРОДНИХ ФАКТОРІВ: ДОСВІД ТА ПЕРСПЕКТИВИ

У статті проведено комплексне дослідження сучасних методів та технологій адаптації морського транспорту до впливу різноманітних природних факторів. Детально розглянуто основні виклики, з якими стикається морська галузь у контексті глобальних кліматичних змін та екстремальних погодних явищ, включаючи збільшення частоти та інтенсивності штормів, зміни льодового режиму арктичних маршрутів та коливання рівня світового океану. Проаналізовано міжнародний досвід впровадження інноваційних рішень для підвищення стійкості суден до несприятливих природних умов, зокрема використання новітніх конструкційних матеріалів, удосконалення систем стабілізації та впровадження адаптивних систем управління. Особлива увага приділяється розвитку сучасних метеорологічних систем прогнозування, які інтегруються з навігаційними комплексами та системами підтримки прийняття рішень. Досліджено перспективи впровадження концепції "розумного судна", що передбачає комплексну автоматизацію процесів управління та моніторингу технічного стану судна. На основі аналізу статистичних даних та експертних оцінок визначено найбільш ефективні стратегії мінімізації ризиків, пов'язаних з природними факторами, та оцінено їх економічну доцільність. Проведено детальний аналіз впливу адаптаційних заходів на експлуатаційні витрати та загальну безпеку морських перевезень. Запропоновано комплексний підхід до вирішення проблеми адаптації морського транспорту, який враховує технічні, організаційні та економічні аспекти, включаючи питання екологічної безпеки та професійної підготовки персоналу. Розглянуто правові механізми забезпечення безпеки морського транспорту та роль міжнародного співробітництва в розвитку галузевих стандартів. Окреслено перспективні напрямки подальших досліджень у сфері підвищення стійкості морського транспорту до природних викликів, зокрема розробка нових матеріалів для суднобудування, вдосконалення систем прогнозування погодних умов та розвиток автономних систем управління.

Ключові слова: морський транспорт, природні фактори, адаптація суден, безпека судноплавства, кліматичні зміни, метеорологічні системи, навігаційні технології, суднобудування, морська інфраструктура, екологічна безпека.

Постановка проблеми. Морський транспорт відіграє ключову роль у глобальній торгівлі та економіці, забезпечуючи перевезення понад 80% світового вантажообігу. Однак зі зростанням впливу кліматичних змін та почастишанням екстремальних погодних явищ, галузь стикається з новими викликами, що потребують інноваційних рішень для забезпечення безпеки та