

## НАВІГАЦІЙНІ ТРЕНАЖЕРИ ЯК ІНСТРУМЕНТ ВИЯВЛЕННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ СУДНОВОДІВ В СИТУАЦІЙНОМУ КЕРУВАННІ БЕЗПЕКОЮ СУДНОПЛАВСТВА

Носов П.С., Дягилева О.С., Пономарьова В.П.

Херсонська державна морська академія  
(Україна)

**Вступ.** Використання суто технічних та теоретичних аспектів не є достатнім, оскільки для майбутнього судноводія потрібен також практичний досвід, а саме: тренажерна підготовка [1]. Непідготовленість навігаторів до прийняття рішень та дій в екстремальних умовах може потенційно призвести до серйозних аварій, травм і навіть втрати життів [2] (Рис. 1).

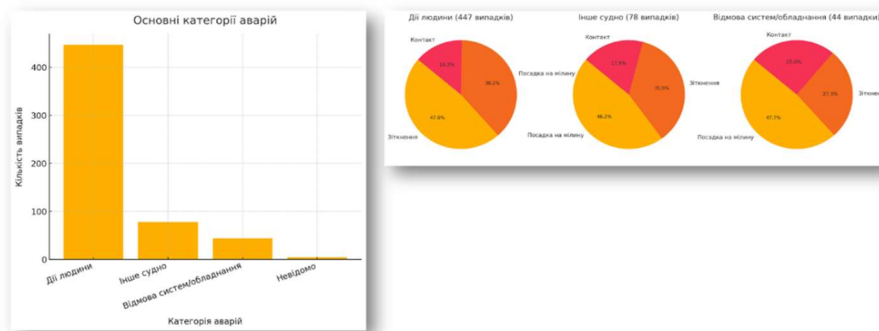


Рисунок 1 — Аварійні ситуації з вини фактору людини

Невиконання критичних стандартів безпеки, таких як МППЗС-72, може призвести до катастрофічних наслідків, включаючи зіткнення суден, аварії та значні штрафи [3]. Тому важливий рівень досвіду інструктора з тренажерної підготовки, який дозволяє йому оцінити ситуацію руху судна при виконанні тих чи інших вправ здобувачами освіти.

Через збільшення обсягу інформації, що надходить від навігаційних систем, судноводії часто стикаються з перевантаженням, що може призвести до помилок. Важливо розробити системи, які ефективно фільтруватимуть та встановлювати пріоритети до інформації.

Покращення ситуаційної обізнаності у складних навігаційних умовах, особливо у вузьких каналах та портах, судноводії можуть не мати повної картини ситуації. Важливо впровадити технології, які допоможуть створити всебічну та точну картину навігаційної ситуації.

### Підходи щодо вирішення проблем безпеки судноводіння

Відображення прогнозованої, «фантомної» траєкторії руху судна під час зміни курсу судна зазвичай, яка дозволяє отримати прогноз в середньому на 6–8 хвилин і не враховує подальші зміни курсу, прогноз будується лише для однієї дії. То того ж не враховано ефект «останньої милі», що може тривати навіть і до 10 хвилин, коли судно залишається некерованим.

Отже виникає невизначеність що відображається у коливаннях траєкторії руху судна під час керування судном операторами-судноводіями при проходженні тренажерної практики на симуляторах.

На зображеннях показано роботу курсанта на симуляторі. Де він проходить через Босфор (Рис.2). Тут показано багато зайвих рухів. Відповідно до поданих графіків це свідчить про його невпевненість по курсу та по швидкості. Наче показники кривої показані більш-менш. Це свідчить про те, що здобувач освіти має непогану теоретичну підготовку, але йому бракує практичного досвіду. Тому під час тримання курсу та його зміни треба усвідомлювати послідовність своїх рухів та аналізувати їх.

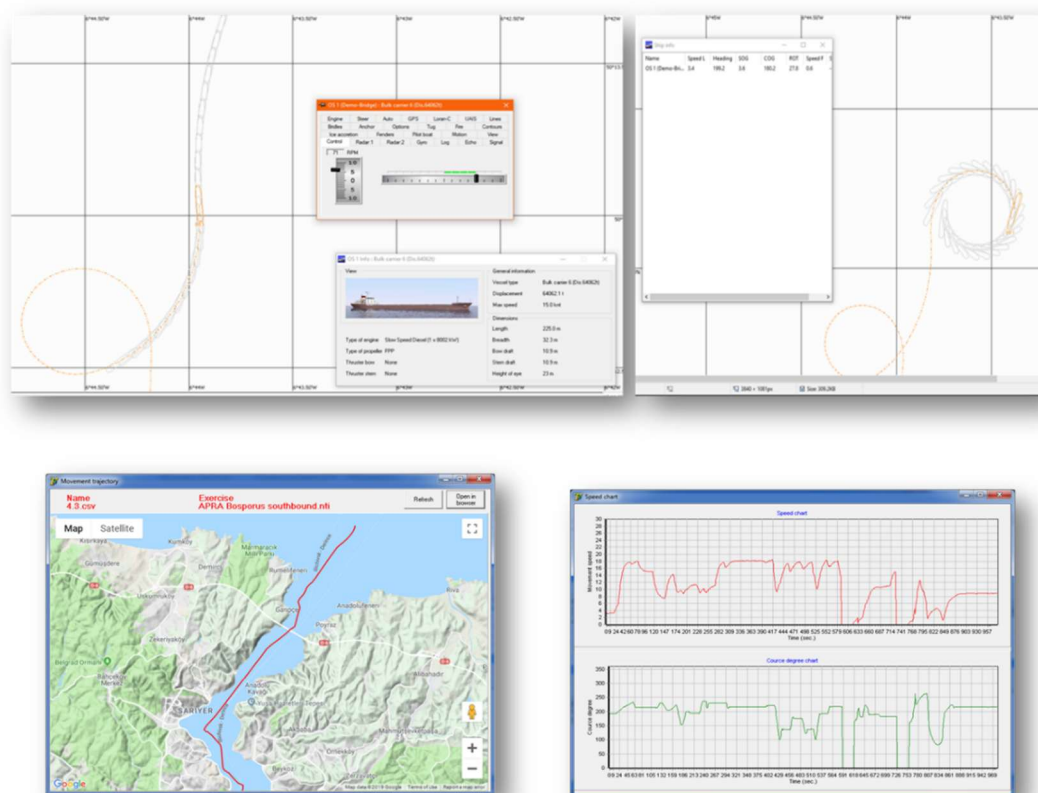


Рисунок 2 — Аналіз дій судноводія при переході протокою Босфор

Аналіз та візуалізація траєкторій руху судна на основі зчитування навігаційних даних з електронних дисплеїв дають змогу глибше оцінювати ефективність маневрування, особливо в умовах складних навігаційних районів — портах, протоках або поблизу небезпечних ізобат.

Є такі навігаційні тренажери «Wartsila Transas». Але принцип роботи останнього вищевказаного тренажера полягає у тому, що якщо навіть перейшов певну точку на карті, то на екрані з'являється віконце, яке подає запит подальших дій. Якщо в теорії курсант зробить правильний вибір дій, то на практиці він як судноводій може допустити помилку. Тому авторами спільно із викладачами кафедри управління судном, наочних матеріалів та за допомогою штучного інтелекту, розроблено програму, яка розпізнає окремі області на екрані. Завдяки тестуванню, це дозволило в режимі реального часу перенести ці дані на іншу систему, яка працює як система підтримки прийняття рішень. На судні не можна встановлювати власне програмне забезпечення, але можна встановити додаткові системи, якщо працює камера.

Таким чином, завдяки програмі було досліджено невпевненість судноводія у своїх діях через брак практичного досвіду. І вже система підказує подальших його алгоритм дій для покращення ситуації.

Сегментація траєкторії судна на фрагменти, що відображають різні стратегії штурмана, передбачає ретельний аналіз гідрографічних умов та лоцій, а також урахування експертних рекомендацій капітанів і навігаційних інструкторів.

Такий підхід дає змогу визначити критичні ділянки з підвищеною складністю маневрування, де часто відбуваються зміни курсу [4], і забезпечує ефективніше планування та контроль за рухом судна.

Під час тренування курсантів на симуляторах, здобувачі освіти в більшості випадках тримаються правильного курсу, не перетинають ліній розходження, наприклад: показано на рисунку тренування на симуляторах у протоці Босфор. Але все одно наявні неузгодженні траєкторії (Рис. 3).

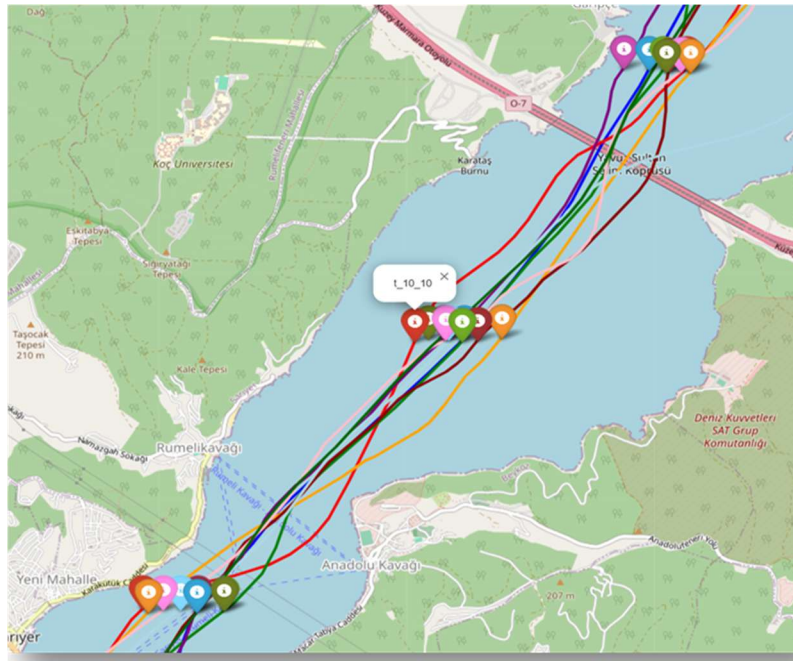
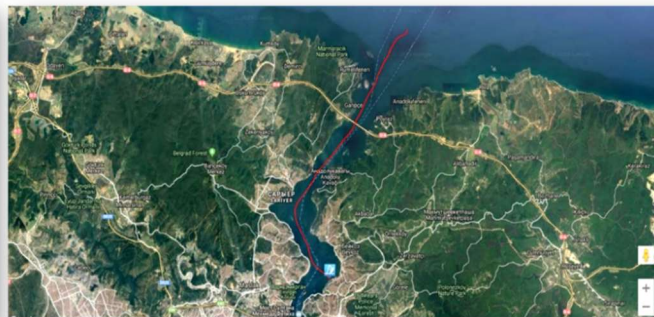


Рисунок 3 — Категорії траєкторій за рівнем ризику

Отже, це дозволяє нам, використовуючи траєкторію та цифровізацію, переходити до оцінки виконання маневрів. Наприклад, на рисунку показано наче злагоджену траєкторію руху судна у протоці Босфор, але курсант втратив контроль над його керуванням і потрапив в аварію (Рис. 4). Коли ми використовуємо дані з серверу ECDIS, наведено на рисунку ліворуч, то можемо сформувати модель поведінки судноводія і навіть мотиваційні ознаки [5–7].

TIME	LAT	LOX	COG	SOG	HDG	LOG	SET	DRIFT	SPD F	SPD A
0	41,25713646	29,15372911	193	3,122	193	3,122	103	0	-0,002	-0,002
5	41,25707015	29,15370873	193	3,126	193	3,126	103	0	0	-0,006
10	41,25700185	29,15368768	193	3,13	193	3,13	103	0	-0,001	-0,006
15	41,25693353	29,15366677	193	3,134	193	3,134	103	0	-0,001	-0,008
20	41,2568652	29,15364579	193	3,139	193	3,139	103	0	0	-0,009
25	41,25679688	29,15362476	193	3,143	193	3,143	103	0	-0,001	-0,01
30	41,25672856	29,15360382	193	3,148	193	3,148	103	0	-0,001	-0,011
35	41,25666024	29,15358285	193	3,152	193	3,152	103	0	0	-0,012
40	41,25659192	29,15356183	193	3,156	193	3,156	103	0	-0,001	-0,013
45	41,25651973	29,15354089	193	3,16	193	3,16	103	0	-0,001	-0,013
50	41,25644615	29,15351991	193	3,164	193	3,164	103	0	-0,001	-0,014
55	41,25637263	29,15349888	193	3,202	193	3,202	103	0	0,009	-0,026
60	41,25629818	29,15347564	193	3,452	193	3,452	103	0	0,039	-0,059
65	41,25621476	29,153451	192	4	194	3,999	103	0,1	0,333	-0,515
70	41,25611476	29,15342222	192	4,92	195	4,909	105	0,3	0,693	-1,36
75	41,255991	29,15338443	193	6,125	199	6,094	108	0,6	0,934	-2,163
80	41,2558408	29,15333135	195	7,324	203	7,267	112	0,9	1,034	-2,859
85	41,25566894	29,15325865	198	8,299	208	8,185	118	1,4	1,269	-4,022
90	41,25548283	29,15315881	204	9,131	215	8,963	124	1,7	1,304	-4,793

Експорт даних з симулятора TRANSAS



Траєкторія руху судна в локації Босфор

Рисунок 4 — Аналіз log-файлів з серверу ECDIS

Використовуючи нечіткі множинні і застосовуючи програмне забезпечення, яке дозволяє оцифрувати це, перевести в шкалу лінгвістичну нечітких множин, то ми можемо отримувати карту дій судноводія. Розроблена програма мовою Python аналізує дані з файлу CSV, які містять значення швидкості (SOG). Спираючись на ці дані, програма виконує дві основні задачі:

1. Категоризація даних: Значення швидкості розділяються на різні категорії, такі як «Дуже повільно», «Повільно», «Середньо», «Швидко», «Дуже швидко» і «Критично швидко».

Потім виводиться розподіл цих категорій, і програма створює стовпчасту діаграму для візуалізації цього розподілу.

2. Генерація нечіткої належності: Програма визначає функції належності для кожної з категорій швидкості на основі трапецієподібних функцій.

Ці функції показують, наскільки кожне значення швидкості відповідає різним категоріям (Рис. 5).

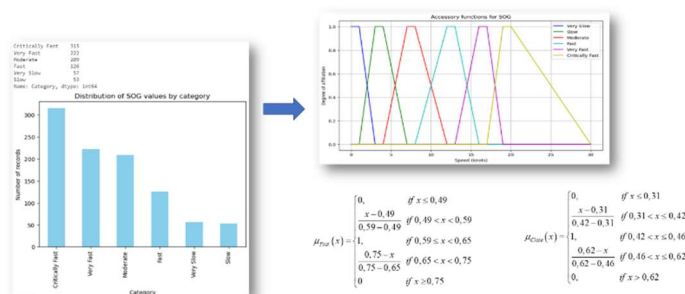


Рисунок 5 — Побудова нечітких множин програмним способом

На основі програмного коду були отримані відповідні графіки, що ілюструють показники руху судна за його експериментальними даними [8], у вигляді нечіткої функції приналежності.

Показано карту дій судноводія, його сприйняття швидкості, як її порівняти із запропонованою. Наприклад, якщо порівняти із запропонованою лоцманами або відомими фахівцями завдяки моделі лінгвістичної функції приналежності нечіткої, а потім перевести це у формули.

Якщо використовувати моделі цієї поведінки, то можна спрогнозувати дії та ступінь ризику судноводіїв. Узагальнені показники нечітких множин дозволяють визначити рівень ризику відповідних обставин. Індивідуальні особливості керування судном, притаманні кожному штурману, ускладнюють безпосереднє порівняння маневрів через різноманітність стилів управління та підходів до прийняття рішень (Рис. 6).

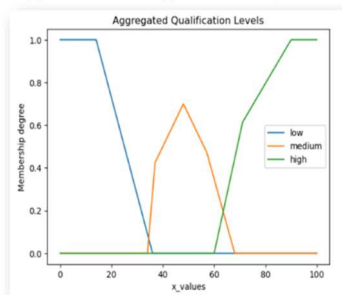
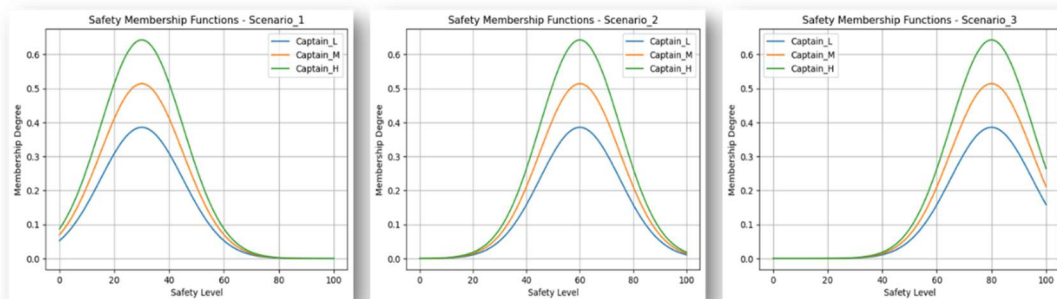


Рисунок 6 — Індивідуальні нечіткі функції приналежності курсанта

Водночас основними критеріями оцінки залишаються безпека судноплавства та ефективне використання ресурсів — передусім палива й часу. Відповідно, усі траєкторії маневрів, які відповідають цим критеріям, можна вважати задовільними.

Під час навчання курсант при використанні певних сценаріїв в різних локаціях, можна буде спрогнозувати ймовірність аварії або порушення правил безпеки (Рис. 7).



Сценарій 1: «Навігаційний маршрут через густі тумани в районі Сан-Франциско»

Сценарій 2: «Навігаційний маршрут через зону високої щільності руху в районі Суецького каналу»

Сценарій 3: «Навігаційний маршрут через штормову зону в Північній Атлантиці»

Рисунок 7 — Нечіткий аналіз ризику групи судноводіїв за сценаріями

**Висновки.** У результаті проведеного дослідження доведено ефективність використання навігаційних тренажерів як інструменту виявлення кваліфікаційних параметрів судноводіїв. Запропоновано й реалізовано методику аналізу та візуалізації траєкторій руху судна на основі зчитування навігаційних даних з ECDIS-серверу, що дозволяє виявляти невпевнені маневри курсантів при проходженні складних ділянок маршруту судна. Розроблено програмне забезпечення, яке в режимі реального часу розпізнає ключові області на екрані тренажера й передає інформацію до системи підтримки прийняття рішень із застосуванням нечіткої логіки. Побудовані нечіткі функції приналежності швидкості та індивідуальні карти дій судноводія підтвердили можливість цифрової оцінки ризику маневрування та прогнозування аварійних ситуацій.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Nosov P. S., Palamarchuk I.V., Safonov M.S., Novikov V.I. Modeling the manifestations of the human factor of the Maritime crew // Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan (Dnipro) № 5 (77). — 2018. Pages 82–92. <https://doi.org/10.15802/stp2018/147937>.
2. Носов П.С., Тонконогий В.М., Яковенко О.Є. Застосування адаптивних функцій для впливу на модель знань студента // Тр. Одес. политехн. ун-та. Одесса: ОНПУ. Вып.1(25). 2006. — С. 118–122.
3. Zinchenko, S., Kobets, V., Tovstokoryi, O., Nosov, P., & Popovych, I. (2023). Intelligent System Control of the Vessel Executive Devices Redundant Structure. In CEUR Workshop Proceedings (Vol. 3403, Paper 44, pp. 582-594). CEUR-WS.org.
4. Zinchenko S.M., Nosov P.S., Popovych I.S. Control redundancy as a quantitative measure of maneuverability // Науковий вісник Херсонської державної морської академії: науковий журнал. — Херсон: Херсонська державна морська академія, 2021. № 3(21). С. 23-35.
5. Popovych, I., Plokhikh, V., Hrys, A., Pavliuk, M., Nosov, P., & Zinchenko, S. (2023). Operationalization of footballers' emotional intelligence in the dimensions of motivational orientation: Analysis based on the basic positions. Journal of Physical Education and Sport (JPES), 23(3), 772-781. <https://doi.org/10.7752/jpes.2023.03095>.
6. Popovych, I. S., Cherniavskiy, V. V., Dudchenko, S. V., Zinchenko, S. M., Nosov, P. S., Yevdokimova, O. O., Burak, O. O. & Mateichuk, V. M. (2020). Experimental Research of Effective «The Ship's Captain and the Pilot» Interaction Formation by Means of Training Technologies. Revista ESPACIOS, Vol. 41(№11). Page 30. Retrieved from: <https://www.revistaespacios.com/a20v41n11/20411130.html>
7. Pavlo Nosov, Ihor Popovych, Serhii Zinchenko, Vasyl Cherniavskiy, Viktor Plokhikh, Halyna Nosova (2020). The research on anticipation of vessel captains by the space of Kelly's graph. Revista Inclusiones, Vol: 7 num Especial, pp. 90-103.
8. Zinchenko, S., Ben, A., Nosov, P., Popovych, I., Mateichuk, V., & Grosheva, O. (2020). The vessel movement optimisation with excessive control, Bulletin of university of Karaganda. Physics, 99(3), 86–96. <https://doi.org/10.31489/2020Ph3/86-96>