

ПІДХОДИ ДО РОЗРОБКИ ПІДСИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ МАНЕВРІВ У ПОРТОВИХ ЗОНАХ

Гапонов Б. Є.

Херсонська державна морська академія

Науковий керівник – к.т.н., доцент, Носов П. С.

Вступ. В останній час невпинно збільшується кількість катастрофічних ситуацій що спричинені негативними проявами людського фактору [1–6]. Такі випадки трапляються з багатьох причин, але головною особливістю залишається те що скупчення морських аварій відбувається у портових зонах. Враховуючи складність навігаційних ситуацій, а також географічні та погодні умови в локаціях та протоках, можна дійти висновку, що у кожний момент часу спостерігається апріорна невизначеність. У деяких ситуаціях можна нівелювати прояви людського фактору за допомогою освітніх методів та підходів [7–11]. Але більш ефективними залишається використання тренажерів та навігаційних симуляторів які відтворюють процеси та явища морського трафіку максимально наближено до реальності [12–15]. Також слід враховувати і психологічні фактори, що напряму впливають на стан і динаміку прийняття рішень судноводіями під час несення навігаційної вахти [16].

Основний матеріал. Змодельємо навігаційну ситуацію за трьома рівнями безпеки: «зелений» – відносно безпечний, в якому два судна, що йдуть назустріч один одному чисто розійдуться на прямому відрізку шляху лівими бортами, «жовтий» – також буде розглянуто маневрування двох суден, але при цьому одне з них зробить маневр для уникнення небезпечної ситуації, і «червоний» – задіяні чотири судна, кожне з яких буде перетинати шлях іншого.

Враховуючи імовірні наслідки запропонованої моделі зосередимо свою увагу на сценарії 3 – «червоному» (Рис. 1).

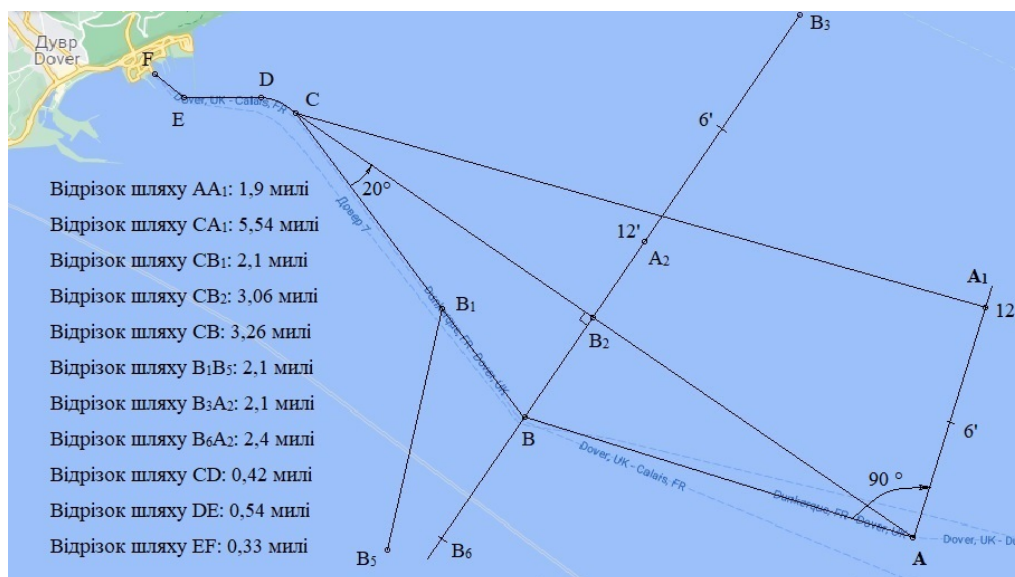


Рисунок 1 – Схема розходження суден за сценарієм 3

Судно 1, що знаходиться в точці А, прямує з порту Дюнкерк (Франція) в порт Дувр по РП, курсом WNW зі швидкістю – 10 вузлів. При цьому судно 1 перетинає курс судна 2 та судна 4.

Судно 2, що знаходиться в точці С, залишає межі порту Дувр та направляється по РП в порт Дюнкерк курсом ESE зі швидкістю 7 вузлів. Перетинає курс судна 1 та 3.

Судно 3, що знаходиться в точці B₅, прямує з протоки Ла-Манш в порт Дувр курсом NNE зі швидкістю – 7 вузлів. Перетинає курс судна 2 та прагне повернути на РП для входу в порт.

Судно 4, що знаходиться в точці В₃, прямує транзитом протокою Ла-Манш курсом SW зі швидкістю – 14 вузлів. Перетинає курс судна 1 та судна 2.

Дана ситуація є складною, так як тут має місце спільне маневрування декількох суден: судна 2 з судном 1 і судном 3, а також судна 1 з судном 2 і судном 4.

Аналогічно, щоб оцінити наскільки небезпечною може вважатися ситуація перетину курсів судна 1 і судна 4 і ймовірність їх одночасної зустрічі в точці В, необхідно розрахувати час їх шляху відносно один одного.

Беручи до уваги, що відстань відрізка шляху АВ – 3,38 морських миль, визначимо час прибуття t_{AB} судна 1 в точку повороту В, хв.:

$$t_{AB} = \frac{S_{AB}}{V_1} \cdot 60, \quad t_{AB} = 3 \frac{38}{10} \cdot 60 = 20,28 \text{ хв}$$

Визначимо час прибуття t_{BB3} судна 4 в точку повороту В, хв. (відстань відрізка шляху ВВ₃ – 8,71 морських миль):

$$t_{BB3} = \frac{S_{BB3}}{V_4} \cdot 60, \quad t_{BB3} = 4 \frac{7}{14} \cdot 60 = 20,14 \text{ хв}$$

Так як час прибуття двох суден в точку В практично однаковий, робимо висновок, що дана ситуація є небезпечною і з великою часткою ймовірності може призвести до зіткнення. Беручи до уваги, що судно 2 лягає на новий курс і що траєкторія руху судна 3 після його повороту в точці В₁ стане попутною, капітан судна 1 вирішує виконати безпечне розходження з судами 2, 3 і 4, змінивши курс вправо на кут 90°.

Для того, щоб визначити в який момент часу судно 1 можна виконати поворот для виходу на колишній курс, необхідно розрахувати, яку відстань S пройде судно 1 і судно 4 через 12 хвилин після зміни курсу судном 1 на кут 90°, морських миль. Приймаємо, що після повороту, швидкість судна 1 знизиться на 1 вузол:

$$V_{cp}^{AA_1} = V_A - \frac{V_A - V_{A_1}}{2}, \quad V_{cp}^{AA_1} = 10 - \frac{10 - 9}{2} = 9,5 \text{ вузлів}$$

$$S_1 = \frac{V_{cp}^{AA_1} \cdot t_{AA_1}}{60}, \quad S_1 = \frac{9,5 \cdot 12}{60} = 1,9 \text{ миль}$$

Визначимо, яку відстань S пройде судно 4 на 12-й хвилині від точки В₃ до точки А₂, морських миль:

$$S_4 = \frac{V_{cp}^{B_3B_2} \cdot t_{B_3B_2}}{60}, \quad S_4 = \frac{14 \cdot 12}{60} = 2,8 \text{ миль}$$

Проклавши в масштабі на схемі пройдені відстані обох суден, переконуємося, що на 12-й хвилині судно 1 безпечно розійдеться по кормі з судном 4, виконавши поворот для повернення на РП – судно 4 буде перебувати по ліву сторону від шляху судна 1, в точці А₂, прокладеного з точки А₁ в точку С.

Щоб оцінити чи можливо безпечно розходження судна 2 з судном 4, визначаємо час t_{CB2} , за яке судно 2 пройде дистанцію СВ₂, хв. Для цього відрізок СВ₂ розглянемо як сторону прямокутного трикутника ВСВ₂, в якому

$$S_{CB2} = S_{CB} \cdot \cos 20^\circ, \quad S_{CB2} = 3,26 \cdot 0,939 = 3,06 \text{ миль}$$

Отже, час до перетину шляху судна 4 дорівнюватиме:

$$t_{CB2} = \frac{S_{CB2}}{V_{CB2}} \cdot 60, \quad t_{CB2} = 26,26 \text{ хв.}$$

Визначаємо пройдену відстань S_{B3B2} судном 4 від точки В₃ до точки В₆ за час t_{CB2} , морських миль:

$$S_{B3B2} = \frac{t_{CB2} \cdot S_{CB2}}{t_{BB3}}, \quad S_{B3B2} = 6,12 \text{ миль}$$

Виконавши побудову відрізка в масштабі від точки В₃ визначаємо, що судно 2 розійдеться з судном 4, пройшовши у нього по кормі на відстані $\approx 2,4$ миль, що говорить про те, що таке маневрування буде вважатися безпечним.

Так як після розходження всіх суден один з одним траєкторії їх руху більше не будуть актуальні, буде розраховано час проходження відрізків шляху тільки судном 1.

$$V_{cp}^{AA_1} = 9,5 \text{ вузлів}, \text{ тоді } t_{AA_1} = \frac{S_{AA_1}}{V_{AA_1}} \cdot 60, \quad t_{AA_1} = 12 \text{ хв}$$

Визначимо час t_{A_1C} витрачений судном 1 для проходження маршруту руху від точки А₁ до точки С. Оскільки вважаємо, що зменшення швидкості на даній ділянці шляху відбудеться до 6 вузлів, то спочатку розраховуємо середнє значення початкової і кінцевої швидкостей:

$$V_{cp}^{A_1C} = V_{A_1} - \frac{V_{A_1} - V_C}{2} = 7,5 \text{ вузлів}$$

$$t_{A_1C} = \frac{S_{A_1C}}{V_{cp}^{A_1C}} \cdot 60 = 44,32 \text{ хв}$$

Передбачається, що в момент підходу до точки С судно 1 зменшить швидкість до 6 вузлів, що є безпечною швидкістю для підходу буксирів до борту. Далі, до точки повороту D швидкість судна 1 продовжить знижуватися до 5 вузлів.

Так як довжина відрізків шляху та швидкостей їх проходження залишаються незмінними, час проходження відстаней CD, DE і EF буде рівний часу як і при сценарії 1:

$$t_{CD} = 4,6 \text{ хв.}, \quad t_{DE} = 9,3 \text{ хв.}, \quad t_{EF} = 18,0 \text{ хв.}$$

Визначимо загальний час t_{AF} витрачений судном 1 для проходження маршруту руху від точки А до точки F, хв.:

$$t_{AF} = t_{AA_1} + t_{A_1C} + t_{CD} + t_{DE} + t_{EF} = 1 \text{ год } 28 \text{ хв.}, \text{ що на } 9 \text{ хв. більше ніж за сценарієм 2.}$$

Змодельовавши три сценарії розходження суден можна зробити висновок, що у ситуації «червоного» сценарію, перед судноводіями кожного судна стоїть завдання одночасного маневрування відносно кількох цілей. Вона є критичною оскільки їм належить швидко прийняти рішення вибору правильного маневру щодо суден, що перебувають як на гострих курсових кутах, так і на траверзі.

Висновок. Параметри руху будуть змінюватися так як кожне судно буде прагнути зайняти для себе безпечний та вигідніший шлях руху. Тому, для того щоб зрозуміти чи можна за допомогою комп'ютерної програми в даній ситуації знизити ризик АМП, пропонується провести експеримент на навігаційному тренажері-симуляторі у ХДМА, в умовах наближених до реального керування містком, використовуючи початкові параметри суден та дотримуючись запропонованої схеми маневрування згідно правил плавання МППСС-72.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Nosov P.S., Ben A.P., Mateichuk V.N., Safonov M.S. Identification of "Human error" negative manifestation in maritime transport // Radio Electronics, Computer Science, Control. Zaporizhzhia National Technical University. № 4(47). – 2018. Pages 204–213. Web of Science. doi: 10.15588/1607-3274-2018-4-20.

2. Nosov P., Ben A., Safonova A., Palamarchuk I. Approaches going to determination periods of the human factor of navigators during supernumerary situations // Radio Electronics, Computer Science, Control № 2(49). – 2019. Pages 140–150. Web of Science. doi: 10.15588/1607-3274-2019-2-15.

3. Nosov P.S., Popovych I.S., Cherniavskiy V.V., Zinchenko S.M., Prokopchuk Y.A., Makarchuk D.V. Automated identification of an operator anticipation on marine transport // Radio Electronics, Computer Science, Control, 2020. – № 3. – P 158–172. <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2020-3-15>.

4. Nosov P. S., Palamarchuk I.V., Safonov M.S., Novikov V.I. Modeling the manifestation 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. doi:10.15802/stp2018/147937.
5. Nosov P.S., Cherniavskiy V.V., Zinchenko S.M., Popovych I.S., Nahrybelnyi Ya.A., Nosova H.V. Identification of marine emergency response of electronic navigation operator // Radio Electronics, Computer Science, Control, 2021. – № 1. – P. 208–223. DOI:10.15588/1607–3274–2021–1–20.
6. Nosov, P., Zinchenko, S., Ben, A., Prokopchuk, Y., Mamenko, P., Popovych, I., Moiseienko, V., Kruglyj, D. (2021). Navigation safety control system development through navigator action prediction by Data mining means. Eastern–European Journal of Enterprise Technologies, 2 (9 (110)), 55–68. doi: <https://doi.org/10.15587/1729–4061.2021.229237>.
7. Носов П.С., Тонконогий В.М. 3D оцінювання траєкторії об'їзду студента // Тр. Одес. політехн. ун–та. — Одеса: ОНПУ, 2007. – Вып. 2(28). – С. 129–131.
8. Носов П.С. Інтелектуальне формування індивідуальної траєкторії навчання студента : спец. 05.13.23 – системи та засоби штучного інтелекту : автореф. дис. на здобуття наук. ст. к.т.н. / П.С. Носов; Наук. кер. В.М. Тонконогий.– О. : ОНПУ, 2007.– 19 с.
9. Носов П.С., Тонконогий В.М., Яковенко О.Є. Застосування адаптивних функцій для впливу на модель знань студента // Тр. Одес. політехн. ун–та. Одеса: ОНПУ. Вып.1(25). 2006.— С. 118–122.
10. Носов П.С., Тонконогий В.М. Використання компонентів мислення експертними системами, як фактору адаптивного впливу в автоматизованих навчальних системах // Тр. Одес. політехн. ун–та. — Одеса: ОНПУ, 2005. — Спецвыпуск. — С. 101–105.
11. Косенко Ю.І., Носов П.С. Механізми ідентифікації та трансформації «знань» суб'єкта критичної інфраструктури // Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві. Збірник наукових праць. — Вип. 3(4) — Одеса: Наука і техніка 2013, С. 99–104.
12. Zinchenko S.M., Nosov P.S., Mateichuk V.M., Mamenko P.P., Grosheva O.O. Use of navigation simulator for development and testing ship control systems. МНПК пам'яті професорів Фоміна Ю. Я. і Семенова В. С. (FS – 2019), 24 – 28 квітня 2019, Одеса – Стамбул – Одеса. Pages 350–355.
13. Serhii Zinchenko, Oleh Tovstokoryi, Pavlo Nosov, Ihor Popovych, Vitaliy Kobets, Gennadii Abramov. Mathematical support of the vessel information and risk control systems P. 335–354. // CEUR Workshop Proceedings, 2805. <http://ceur-ws.org/Vol-2805/paper25.pdf>.
14. Zinchenko S., Ben A., Nosov P., Popovych I., Mateichuk V., Grosheva O. The vessel movement optimisation with excessive control // Bulletin of University of Karaganda. Technical Physics, 2020. – № 3(99). P. 86–96. DOI: 10.31489/2020Ph3/86–96.
15. Serhii Zinchenko, Vadym Mateichuk, Pavlo Nosov, Ihor Popovych, Oleksandr Solovey, Pavlo Mamenko, Olga Grosheva. Use of simulator Equipment for the development and testing of vessel control system // Electrical, Control and Communication Engineering. Sciendo. Riga technical university. 2021. Vol. 16, Nom. 2, P. 58–64. DOI:10.2478/ecce–2020–0009.
16. Shevchenko, R., Cherniavskiy, V., Zinchenko, S., Palchynska, M., Bondarevich, S., Nosov, P. & Popovych, I. (2020). Research of psychophysiological features of response to stress situations by future sailors. Revista Inclusiones, Vol: 7 num Especial. pp. 566–579.