

# ФОРМАЛЬНІ ПІДХОДИ ЩОДО СТВОРЕННЯ ПОВЕДІНКОВОЇ МОДЕЛІ СУДНОВОДІЯ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ БЕЗПЕЧНОЇ ВЗАЄМОДІЇ ПРИ НЕСЕННІ НАВІГАЦІЙНОЇ ВАХТИ

Носов П.С., Нагрибельний Я.А., Зінченко С.М., Попович І.С., Сафонов М.С.

*Херсонська державна морська академія*

**Вступ.** Під час несення навігаційної вахти, фази діяльності судноводія, в яких виникають негативні прояви людського фактора, як правило, протікають під час позаштатних, критичних ситуацій. Як наслідок, втрата концентрації уваги призводить до неадекватних ситуації дій з боку судноводія. Таким чином, процес ідентифікації даних чинників в умовах невизначеності являє собою об'єктивну проблему для систем безпеки управління морським транспортом [1-4].

Також, практика показує, що стресові ситуації різнобічно впливають на рівень самоконтролю і як наслідок підвищує негативну суб'єктивну поведінку судноводія. Нерідко причиною стресу може служити також відносини в команді [5].

Все зумовлює побудову формальної моделі дій судноводія під час критичних ситуацій що ґрунтується на даних його досвіду під час проходження тренажерної підготовки при сертифікації на навігаційному симуляторі.

**Основний матеріал дослідження.** Для визначення ступеня взаємозалежності факторів впливу на дії судноводія  $F(m_i, y_i)$  був обраний коефіцієнт кореляції Спірмана [6], який відображає міру лінійного зв'язку між випадковими величинами. Таким чином, можливо створити поведінкову матрицю  $P_k$  певного судноводія в конкретній ситуації  $k$ , де  $k \in (1, \infty)$ .

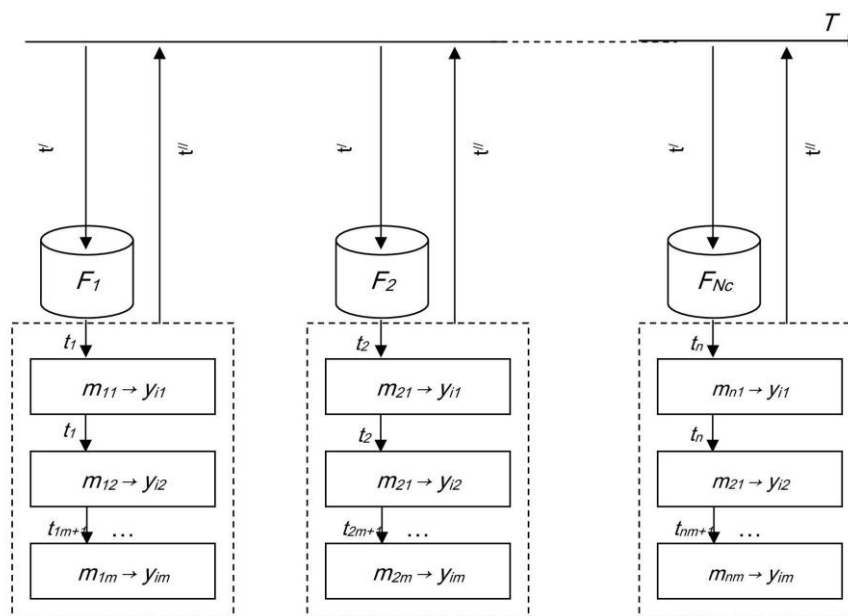


Рис. 1 – Процес накопичення знань про судноводія з плином часу

На основі залежностей між факторами з'являється можливість накопичення знань про поведінку судноводія в різних ситуаціях (Рис. 1). Слід зазначити, що стаж судноводія не завжди відображає його досвід в незвичних для нього ситуаціях. Досвід судноводія в певних ситуаціях не гарантує високий професіоналізм у всьому спектрі можливих подій, особливо під час позаштатних ситуацій.

$$P_k = \begin{bmatrix} F_k(m_1, y_i) & F_k(m_2, y_i) & F_k(m_3, y_i) & \dots & F_k(m_i, y_i) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ F_k(m_1, y_3) & F_k(m_2, y_3) & F_k(m_3, y_3) & \dots & F_k(m_i, y_3) \\ F_k(m_1, y_2) & F_k(m_2, y_2) & F_k(m_3, y_2) & \dots & F_k(m_i, y_2) \\ F_k(m_1, y_1) & F_k(m_2, y_1) & F_k(m_3, y_1) & \dots & F_k(m_i, y_1) \end{bmatrix}$$

Так як матриця відображає дані тільки по одній ситуації, виникає необхідність у виборі відповідних поведінкових матриць для незвичних випадків. Для цього необхідно визначити множину матриць  $P_k$  залежностей показників, які властиві конкретному судноводії.

Така модель (Рис. 2) відображає знання про поведінку судноводія в конкретній ситуації, яка відповідає конкретній матриці  $P_k$ . Так як модель являє собою 3D-матрицю, то вона може зберігатися і оброблятися як об'єкт бази даних. Алгоритм формування такої моделі представлений на рис. 3.

Проведений експеримент підтвердили доцільність дослідження.

Запропоновані підходи спираються на аналітичний досвід розслідувань позаштатних ситуацій, як під час тренажерної практики, так і в реальних умовах. Розроблені моделі, методи і алгоритми з ідентифікації суб'єктивної ентропії як причини прояву людського фактора впроваджені в роботу тренажерного центру NTPRO 5000 Херсонської державної морської академії.

В результаті моделювання, визначено три режими роботи системи, які залежать від рівня підготовленості судноводія.

Так, для найбільш досвідчених судноводіїв, контроль з боку інформаційної системи здійснюється на другому рівні і при ідентифікації факторів відносяться до позаштатних ситуацій (режим I). Для судноводіїв середнього рівня, характерними будуть форми контролю, які відстежують найбільш складні функції при управлінні судном (режим III). І на решті, для найменш досвідчених судноводіїв контроль системою передбачається проводити як на першому, так і на другому рівні з ідентифікацією всіх факторів, що впливають (режим II).

Таким чином, побудова інформаційної системи (ІС) на основі запропонованих формальних підходів дозволить істотно підвищити безпеку при управлінні судном в умовах негативних проявів людського фактора.

При вирішенні задачі класифікації, класифікаційні ознаки  $\theta$  що не вимірюються можуть служити тимчасовими показниками активності судноводія на робочому місці, напрям погляду і переміщення по капітанському містку в ситуаціях передбачає певних моделей поведінки.

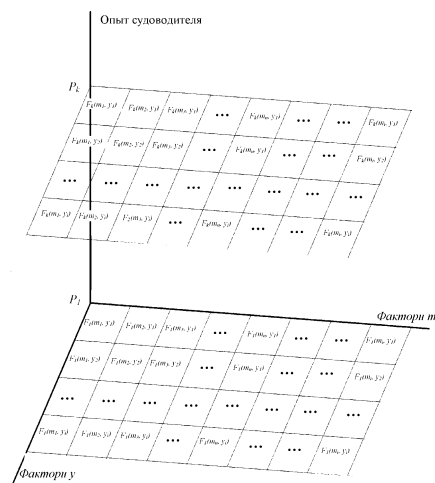


Рис. 2 Модель реакцій судноводія

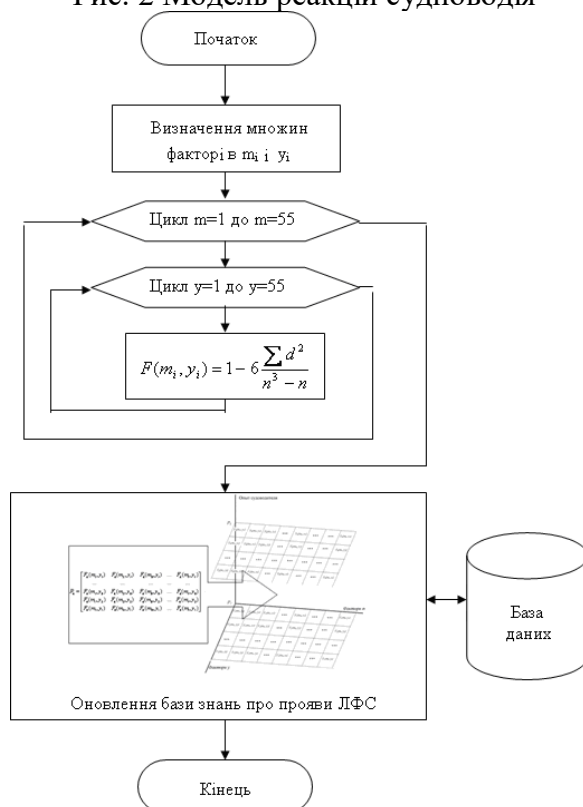


Рис. 3 Алгоритм формування моделі поведінки судноводія в різних ситуаціях

У загальному випадку можна констатувати, що поведінка судноводія під час стресової ситуації описується випадковою послідовністю  $\theta(t)$ , що дає можливість застосувати метод дискримінантного аналізу. Отже, має місце одновимірна щільність розподілу ймовірності  $f(\theta)$ , де  $\theta$  не випадкова функція і не залежить від  $t$ .

З метою вирішення поставленого завдання необхідно визначити значення класифікаційної ознаки і порівняти їх із значеннями, відповідними стандартам досліджуваних полярних класів.

Отже треба визначити значення інформаційного навантаження на судноводія, результат якої змінюється у відповідь на інформаційні фактори (збудження або гальмування). Побудова математичної моделі засновано на формальному зв'язку функції  $\theta$  і інформаційного навантаження  $u$ .

Далі необхідно вирішити модельну задачу класифікації використовуючи дані обчислювального експерименту [7]. Слід врахувати, що як вхідні функція досліджуваної системи буде розглядатися стаціонарна випадкова послідовність  $\theta(t)$ , при цьому  $U(\theta, T)$  - відповідна функція відгуку системи на вплив.

Для вирішення модельної задачі класифікації будемо вважати  $\theta$  і  $U$  елементами метричних просторів  $\{X\}$  і  $\{F\}$  відповідно з відстанями між елементами  $\rho_{\{X\}}(\theta_1, \theta_2)$ ,  $\rho_{\{F\}}(U_1, U_2)$ ,  $\theta_1, \theta_2 \in \{X\}, U_1, U_2 \in \{F\}$ . Простори  $\{X\}$  і  $\{F\}$  є лінійними нормованими просторами  $\mathbb{R}^1$  дійсних чисел тобто  $\rho_{\{F\}}(U_1, U_2) = \|U_2 - U_1\| = |U_2 - U_1|, \rho_{\{X\}}(\theta_1, \theta_2) = \|\theta_2 - \theta_1\|$

При цьому, умова коректності завдання розрізнення значень  $\theta$  по відомим відповідним їм значенням  $U$  тотожно умові коректності завдання знаходження «рішення»  $\theta$  по відомим «вихідними даними»  $U$ :

$$\theta = FU, \quad (1)$$

якщо виконуються умови, які полягають в тому, що область значень множини  $\{\theta\}$  буде завжди лежати по один бік від точки реєстрації  $Z_p$  відгуку, а момент часу реєстрації сигналу  $T^*$  вибирається на проміжку, де  $U$  - монотонна функція по часу для обох класів. Тоді необхідно виконання наступних умов: відображення  $\{\theta\} \rightarrow \{U\}$ , де  $\{\theta\} \subset \{X\}$ ,  $\{U\} \subset \{F\}$ ;  $\{\theta\}$  - область визначення, обмежене множиною на числовій прямій  $\mathbb{R}^1$ .

У реальних умовах, склад вахтової служби  $Q \in I$  є постійним, в свою чергу, члени вахтової служби змінюють свої стратегії в залежності від завдань, адаптуючись до умов взаємодії з метою максимізації  $f_j^Q(t)$ . В ході служби всі члени вахти порівнює стратегію  $i$  і стратегію  $j$  щодо партнера по взаємодії, можливо несвідомо підбираючи більш результативну:  $f_j^Q(t) > f_i^Q(t)$  незалежно від складу вахти [8].

Втрата результативності від спочатку обраної стратегії  $i$ , призводить до вибору стратегії  $j$ . Це являє собою істотну проблему тому окремі члени команди будуть формувати стійкі коаліційні зв'язки взаємодій, що порушує інструкцію несення вахти.

В умовах того, що набір на судно членів вахтового персоналу носить випадковий характер, отримаємо:

$$u(f_j^Q(t) - f_i^Q(t)), u(0) = 0$$

$$\text{Тоді: } \xi_i^Q(t+1) = \sum_{r \in J} u(f_i^Q(t) - f_r^Q(t)) \xi_r^Q(t) \xi_i^Q(t) / \xi_i^Q$$

Прогноз стану несення вахти на переході в момент  $t+1$  буде:

$$\xi_i^Q(t+1) = \sum_r u(f_i^Q(t) - f_r^Q(t)) \xi_r^Q(t), i \in J^Q.$$

Таким чином, існує проблема неузгодженості і спонтанної заміни вахтового персоналу помічником капітана що порушує інструкції і знижує рівень безпеки. При проходженні тренажерної практики виникає дисбаланс у відпрацюванні корисних навичок серед курсантів під час проходження тренажерної практики. Пасивні члени вахтової служби не

засвоюють потрібні практичні навички, а активні в надлишку їх опановують. Модель взаємодії команди на судні представлена на рис. 4.

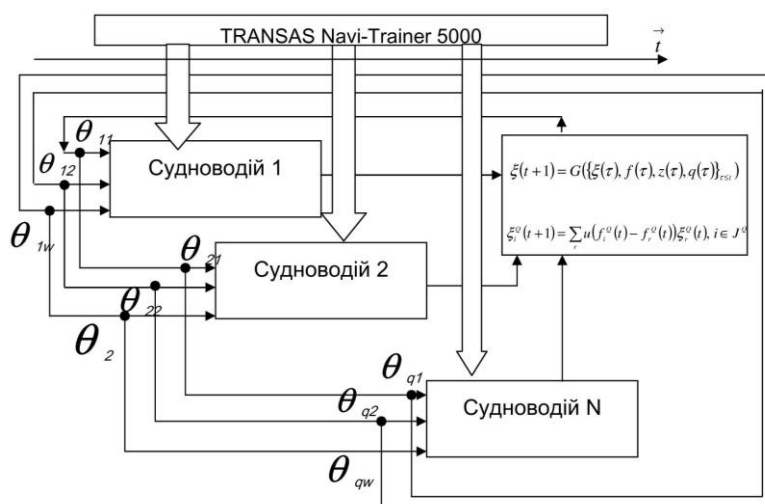


Рис. 4. Модель взаємодії команди на судні

**Висновок.** Слід зазначити, що ситуація ускладнюється тим, що для прокладки і проходження нового маршруту склад вахтової команди формується випадковим чином і існує ймовірність набору курсантів що не отримали необхідних навичок і призведе до невиконання завдання. При виконанні маневрів в реальних умовах загроза безпеці значно зростає і може спричинити катастрофічні наслідки, тому ІС дозволить вносити попереджувальні дії щодо підбору вахтової служби та перекваліфікації окремих судноводіїв за потреби.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Аверічев І.М. Аналіз основних причин аварій на морському та річковому транспорті України / І.М. Аверічев // Водний транспорт. – 2013. – Вип. 3. – С. 100-103.
2. Arslan O., Er I.D. Effects of Fatigue on Navigation Officers and SWOT Analyze for Reducing Fatigue Related Human Errors on Board TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea
3. Kasianov V. Subjective entropy of preferences. Istitutr of Aviation Scientific Publications. ALKOR, Warsaw, Poland, 2013. 637 pp.
4. Berg, H.P. 2013. Human Factors and Safety Culture in Maritime Safety. TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation Vol. 7, Number 3, September 2013. Pages 343-352.
5. American Bureau of Shipping (ABS) 2012. Guidance notes on safety culture and leading indicators of safety, January 2012.
6. I. Stadler, S. Wolfram. II Series. Multicriteria optimization in engeneering and in sciences. 1988 Springer Science Business Media New York. 401 pp.
7. Носов П.С. Аналіз інформаційних систем ідентифікації проявів людського фактору для безпечного управління морським транспортом. (магістерська дисертація за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія», керівник д.т.н., проф.. Бардачов Ю.М.) ХНТУ. 2018. - 162 с.
8. Nosov P.S., Ben A.P., Matejchuk 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. doi: 10.15588/1607-3274-2018-4-20.