

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ДІЙ СУДНОВОДІЇВ
В ЕРГАТИЧНИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ СУДНОМ**

А. П. Бень, П. С. Носов*, С. М. Зінченко*, І. С. Попович***

**Херсонська державна морська академія, **Херсонський державний
університет*

**INTELLECTUAL ANALYSIS OF NAVIGATOR'S ACTIONS
IN ERGATIC VESSEL CONTROL SYSTEMS**

A. P. Ben, P. S. Nosov*, S. M. Zinchenko*, I. S. Popovych***

**Kherson State Maritime Academy, **Kherson State University*

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДЕЙСТВИЙ СУДОВОДИТЕЛЕЙ
В ЭРГАТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ СУДНОМ**

А. П. Бень, П. С. Носов*, С. Н. Зинченко*, И. С. Попович***

**Херсонская государственная морская академия, **Херсонский
государственный университет*

Вступ. Аналіз причин виникнення катастрофічних ситуацій на морському транспорті все частіше вказує на проблеми, пов'язані із точністю ідентифікації навігаційних ситуацій з боку кадетів-судноводіїв [1–3]. У більшості випадків це пов'язано з виникненням критичних ситуацій при судноводінні, де на перше місце виступає неповнота даних і метаданих для прийняття результативних рішень [4–6]. При цьому слід враховувати, що вирішальним фактором як правило виступає рівень кваліфікації судноводіїв. Якщо взяти до уваги, що в судноводінні більшість маневрів і завдань є типовими, то судноводій ідентифікує поточну ситуацію відносно декількох найбільш значущих універсальних критеріїв. Виходячи з того, що навігаційна ситуація у кожен момент часу має набір вхідних інформаційних сигналів (візуальне спостереження; звукові команди (рація); ECDIS; ARPA; AIS; GPS), то судноводій реагує на ці сигнали, класифікуючи їх відповідно до свого рівня кваліфікації та досвіду.

Таким чином, виникає процес, в якому одночасно існують дві системи ідентифікації навігаційної ситуації: «суб'єктивна», що залежить від рівня судноводія, і «ідеальна» з урахуванням усіх значущих інформаційних сигналів.

Постановка завдання. Усе сказане вказує на необхідність побудови математичних і імітаційних моделей, а також автоматизованих систем аналізу «суб'єктивного» сприймання навігаційних ситуацій з метою запобігання небезпечних проявів «людського фактору» в ергатичних системах управління судном.

Таким чином, мета дослідження полягає в застосуванні формальних та алгоритмічних підходів перетворення даних про інтелектуальну діяльність кадета-судноводія для ідентифікації та прогнозування його реакцій у критичних навігаційних ситуаціях.

Аналіз існуючих досліджень і публікацій. Виходячи із зазначеної мети дослідження, звернемося до теорій, що дозволяють формально представити розглянуту задачу дослідження. Так, наприклад, у теорії дослідження операцій [7], в ситуаціях з неоднорідними стратегіями, описуються розбиття множин на сімейства непустих підмножин, що утворюють підкласи стратегій, які можна інтерпретувати як визначальний фактор сприйняття навігаційної ситуації. Критерієм для даного розбиття є оцінка ефективності випадкової стратегії: $\tilde{x}^s : \inf_{y \in N} F(\tilde{x}^s, y)$. При цьому підмножини є частиною універсальної множини, не дивлячись на утворені підкласи стратегій щодо індивідуальних особливостей судноводія. При цьому ми ставимо собі за мету знаходження еволюційного формального принципу, який би описував якісний перехід на інший рівень сприйняття навігаційної ситуації.

Досить близькою для можливого застосування може бути теорія p -адичних чисел, яка виходить з теорії чисел [8]. Також розглянуті в даній теорії підходи зводяться до побудови формального опису деревовидних класоутворюючих структур, що дозволяють апроксимувати розумові функції кадета-судноводія [9–11].

Аналіз літератури показав, що в суміжних областях знань тривалий час ведуться пошуки, близькі до досліджень процесів управління безпекою судноводіння. Представлене у дослідженні завдання вимагає удосконалення підходів заснованих на p -адичних системах з метою формального опису якісних перехідних процесів ідентифікації ситуацій для подальшої автоматизації [12].

Аналізуючи принципи p -адичних систем щодо цілей дослідження, можна прийняти, що існує об'єктивний інформаційний простір ситуацій, ідентифікованих та оцінених судноводієм у рамках предметної області, які впливають на процеси прийняття рішень. Прийmemo, що предметною областю буде навігаційне завдання, а простір ситуацій – це кінцева множина Z_p вузлових точок x на графі, що має деревоподібну ієрархічну структуру. Тоді еволюційна динаміка ідентифікацій на вузлі графа буде представлено у вигляді: $f : Z_p \rightarrow Z_p, x \rightarrow f(x)$, де вузлові точки на графі будуть залежні від: $x_n = f^n(x_0), \gamma = (x_0, x_1, \dots, x_{n-1})$. Згідно природі сприйняття об'єктивної реальності, судноводій узагальнює ідентифіковані точки-ситуації і зводить спектр вхідних інформаційних параметрів до образу, близького до образу з власного досвіду.

Таким чином, ідентифікована точка-ситуація вміщує в собі множину близьких асоціацій – параметрів: $\lim_{n \rightarrow \infty} y_n = x_0 = \{y \in Z_p : y_n \rightarrow x_0\}$. При цьому кожна наступна точка породжується функцією $f_s(x) = x^s, s = 2, 3, \dots, n$, тобто успадковує попередній досвід судноводія щодо класу ситуації за принципом еволюції. Таким чином, у залежності від рівня судноводія змінюється і p -адичність ситуації, що вимагає більш глибокого наукового аналізу.

Виклад основного матеріалу. Аналіз результатів навчання кадетів при проходженні тренажерної підготовки з навчальних дисциплін «Навігаційні інформаційні системи» та «Управління судном» дозволили визначити деякі

закономірності. Так, наприклад, для кадетів-початківців $p = 2$. Тому вони реагують на параметри ситуації засобами кодування у вигляді: «так» – «ні»; «існує» – «не існує»; «значимо» – «не значимо» і т. д. У свою чергу для більш досвідчених, які пройшли плавальну практику, $p = 3$, виду: «слабкий» – «середній» – «сильний»; «ігнорувати» – «тримати в увазі» – «реагувати»; «не включати в розрахунок» – «запасний варіант» – «основний варіант» і т. д. Якщо розглядати p -адичність кадетів старших курсів (магістерська підготовка), то вона значно розширюється і може бути: $p = 4, 5$ і вище.

Очевидно, що відбувається успадкування класифікації – кодування, тобто кадет, переходячи, наприклад, від $p = 2$ до $p = 3$, додає лінгвістичну змінну до вже прийнятої системи ідентифікації вхідних інформаційних сигналів. Це цілком природний процес з огляду на те, що знання розширюються послідовно, а психіка не змінюється кардинально протягом усього життя. Можна зробити висновок, що у такому випадку цілком логічним буде припущення, що в системі $p = 2$: «так» – «ні» з великим ступенем ймовірності при $p = 3$ з'явиться: «так» – «не знаю» – «ні» і т. п. Таким чином формується завдання визначення траєкторій індивідуального розвитку сприйняття ситуацій морських навігаторів при переході в $p = n + 1$.

Також необхідно враховувати що p -адичність кадетів щодо повного спектра навігаційних ситуацій еволюціонує нерівномірно, тому залежить не стільки від кваліфікації, скільки від частоти виникнення типових ситуацій. У свою чергу, у ряді випадків ситуація, зважаючи на свою простоту, може не вимагати високу p -адичність, не дивлячись на досвід кадета, що обумовлено також принципом збереження емоційної енергії і сил. Отже карта психічних станів щодо спектра навігаційних ситуацій неоднорідна і має різну p -адичність.

З цього випливає, що у побудові деревовидної ієрархічної структури присутня залежність: підвищення p -адичності спричиняє підвищення деталізації, а зменшення призводить до узагальнення. Виходячи з формальної теорії творчості та теорії безпеки систем [13–15], можна зробити висновок, що в межах множини внутрішніх вершин графа $U(\tau)$, можливий перехід між граничними значеннями $\{a\}$ і $\{b\}$. Це дає можливість трансформації у найближчі системи p -адичності в залежності від ситуації, $U(\tau) = \left[\bigcap_{j=1, \dots, n} Gv^\uparrow(\tau|a_j) \right]$.

При цьому процес переходу симетричний незалежно від напрямку:

$$Gv^\downarrow(\tau|b) = Gv^\uparrow(\tau|a) \Rightarrow \langle \underline{\tau}, P \rangle_w \text{ при } Gv^\uparrow(\tau|a_i) \cap Gv^\uparrow(\tau|b_i) = \emptyset.$$

Виходячи із запропонованих залежностей, можна зробити висновок, що існує певного роду баланс p -адичності, для якого в рівній мірі вірно:

$$\forall x \in [Gv(\tau)] \Rightarrow \exists a \in \{a\}, x \in [Gv^\uparrow(\tau|a)] \& \exists b \in \{b\}, x \in [Gv^\downarrow(\tau|b)].$$

Таким чином, спостерігається баланс переходу у p -адичних структурах, що може залежати від факторів: рівня складності навігаційної ситуації і рівня кваліфікації судноводія [16–18]: $Gv(\tau) = \bigcup_{a \in \{a\}} Gv^\uparrow(\tau|a) = \bigcup_{b \in \{b\}} Gv^\downarrow(\tau|b)$.

Висновки. Підводячи підсумки дослідження, слід зробити висновок, що щільність ідентифікації ситуації безпосередньо залежить від рівня p -адичності. Чим точніше і багатопараметричніше рішення кадета-судноводія, тим вище повинна бути p -адичність. Однак слід врахувати, що баланс процесів може вносити корективи дискретно від ситуації до ситуації. Послідовність прийнятих рішень кадетом у певні дискретні моменти часу може спиратися на ту p -адичність, яка, з одного боку, призведе до бажаних результатів, а з іншого боку – до збереження сил та емоційної енергії. Таким чином, очевидно, що судноводій спочатку планує переходи щодо власної p -адичності на доступну для огляду дистанцію ланцюга послідовних дій. Як наслідок, дана обставина вказує на можливість керування результативністю виконання навігаційних завдань і маневрів суб'єктами ергатичної системи управління судном.

Література

1. Automatic Identification System (AIS): Data Reliability and Human Error Implications / [A. Harati-Mokhtari, A. Wall, P. Brooks at al.] // Journal of Navigation. – 2007. – Vol. 3, Issue 60. – P. 373–389. DOI:10.1017/S0373463307004298.
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. – P. 140–150. Web of Science. DOI:10.15588/1607-3274-2019-2-15.
3. Nosov P., Palamarchuk I., Zinchenko S., Popovych I., Nahrybelnyi Y., Nosova H. Development of means for experimental identification of navigator attention in ergatic systems of maritime transport // Bulletin of University of Karaganda. Technical Physics, 2020. – № 1 (97). – P. 58–69. DOI: 10.31489/2020Ph1/58-69.
4. 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). P. 30.
5. 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. P. 350–355.
6. 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 [Текст]. – Вип. 3 (4). – Одеса: Наука і техніка 2013. – С. 99–104.
7. Kasana H. S. Introductory operations research. Theory and applications. – Springer, 2004. – 580 p.
8. Balaguer M. Mathematical Pluralism and Platonism, Journal of Indian Council of Philosophical Research, 2017, Vol. 34, pp. 379–398. DOI:10.1007/s40961-016-0084-4.

9. 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.
10. 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. DOI:10.15588/1607-3274-2020-3-15.
11. Nosov P., Ben, A., Zinchenko S., Popovych I., Mateichuk V., Nosova H. Formal approaches to identify cadet fatigue factors by means of marine navigation simulators. *CEUR Workshop Proceedings*, 2732, 823–838 (2020).
12. Khrennikov A. Theory of P-Adic Valued Probability. In: *P-adic Deterministic and Random Dynamics* / A. Khrennikov, M. Nilson // *Mathematics and Its Applications*. Springer, Dordrecht. – 2004. – Vol. 574. DOI:10.1007/978-1-4020-2660-7.
13. Prokopchuk Y. A. Sketch of the Formal Theory of Creativity / Y. A. Prokopchuk. – Dnepr: PSACEA Press, 2017. – 452 p.
14. Yasserli S. Safety in Marine Operations / S. Yasserli, H. Bahai // *International Journal of coastal and offshore engineering*. – 2018. – Vol. 2. – P. 29–40. DOI: 10.29252/ijcoe.2.3.29.
15. Serhii Zinchenko, Oleh Tovstokoryi, Pavlo Nosov, Ihor Popovych, Vitaliy Kobets, Gennadii Abramov. Mathematical support of the vessel information and risk control systems // *CEUR Workshop Proceedings*, 2805. <http://ceur-ws.org/Vol-2805/paper25.pdf>.
16. Nosov P., Cherniavskiy V., Zinchenko S., Popovych I., Prokopchuk Y., Safonov M. Identification of distortion of the navigator's time in model experiment // *Bulletin of University of Karaganda. Instrument and experimental techniques*, 2020. – № 4 (100). – P. 57–70. DOI:10.31489/2020Ph4/57-70
17. Nosov P. S., Zinchenko S. M., Popovych I. S., Ben A. P., Nahrybelnyi Y. A., Mateichuk V. M. Diagnostic system of perception of navigation danger when implementation complicated maneuvers // *Radio Electronics, Computer Science, Control*, 2020. – № 1. – P. 146–161. DOI: <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2020-1-15>.
18. Shevchenko, R., Cherniavskiy, V., Zinchenko, S., Palchynska, M., Bondarevich, S., Nosov, P. & Popovych, I. (2020). Research of psychophysiological characteristics of response to stress situations by future sailors. *Revista Inclusiones*, Vol: 7 num Especial. pp. 566–579. Web of Science.

Відомості про авторів

Бень Андрій Павлович – к.т.н., професор, проректор з науково-педагогічної роботи, Херсонська державна морська академія. E-mail: a_ben@i.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9029-3489>.

Носов Павло Сергійович – к.т.н., доцент, доцент кафедри судноводіння, Херсонська державна морська академія. E-mail: pason@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5067-9766>.

Зінченко Сергій Миколайович – к.т.н., доцент, доцент кафедри управління судном, Херсонська державна морська академія. E-mail: srz56@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5012-5029>.

Попович Ігор Степанович – д.психол.н., професор, професор кафедри загальної та соціальної психології, Херсонський державний університет. E-mail: ihorpopovych999@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1663-111X>.

Information about authors

Ben Andrii Pavlovych – Ph.D., Professor, Vice-Rector for Research and Teaching, Kherson State Maritime Academy. E-mail: a_ben@i.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9029-3489>.

Nosov Pavlo Serhiiiovych – Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of Navigation, Kherson State Maritime Academy. Email: pason@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5067-9766>.

Zinchenko Serhii Mykolaiovych – Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of Ship Management, Kherson State Maritime Academy. Email: srz56@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5012-5029>.

Popovych Ihor Stepanovych – Doctor of Psychology, Professor, Professor of General and Social Psychology, Kherson State University. Email: ihorpopovych999@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1663-111X>.

Сведения об авторах

Бень Андрей Павлович – к.т.н., профессор, проректор по научно-педагогической работе, Херсонская государственная морская академия. E-mail: a_ben@i.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9029-3489>.

Носов Павел Сергеевич – к.т.н., доцент, доцент кафедры судовождения, Херсонская государственная морская академия. E-mail: pason@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5067-9766>.

Зинченко Сергей Николаевич – к.т.н., доцент, доцент кафедры управления судном, Херсонская государственная морская академия. E-mail: srz56@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5012-5029>.

Попович Игорь Степанович – д.психол.н., профессор, профессор кафедры общей и социальной психологии, Херсонский государственный университет. E-mail: ihorpopovych999@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1663-111X>.