

## АНОТАЦІЯ

Зазірний А. А. Методи формалізації процесу управління судном для підвищення ефективності функціонування судових ергатичних систем зі зміною структурою. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності 271 – річковий та морський транспорт. – Київський інститут Водного Транспорту ім. гетьмана Петра Конашевича – Сагайдачного Державного університету Інфраструктури та Технологій, Київ, 2021.

Одним з вирішальних умов успішного вирішення завдання попередження та уникнення реалізації небезпечної ситуації є обґрунтоване та своєчасне прийняття рішення при управлінні судном, як в ході виконання маневру, так і в ході підготовки до нього. Динамічність зміни навігаційної обстановки у небезпечній ситуації, високий ступінь невизначеності, жорсткі часові рамки для вироблення рішень при необхідності аналізу та врахування великої кількості різнорідних чинників свідчать про необхідність підвищення оперативності та достовірності вирішення завдань управління судном.

При цьому одними з основних завдань, що вирішуються судноводієм, є оцінка навігаційної обстановки, стан та параметри руху власного судна та дії судноводія.

Прийняття рішення під час руху судна здійснюється за результатами оцінки ситуації, що складається під час руху судна. Ефективність оцінки навігаційної обстановки залежить від особистих якостей судноводія та складності навігаційної обстановки, що складається.

В існуючих засобах автоматизації ускладнено реалізацію сучасних методів інтелектуалізації підтримки прийняття рішення, які дозволяють індивідуально-адаптований контроль та підтримку дій судноводія в процесі управління рухом судна. Застосування нових підходів дозволить зменшити часові витрати на оцінку ситуації, та підвищити обґрунтованість прийнятих рішень. Аналіз існуючих методів підтримки прийняття рішень судноводієм

під час руху судна показує, що при синтезі систем управління судном існує проблема добування, подання та формалізації експертних знань.

Таким чином виникає невідповідність між необхідністю оперативного та обґрунтованого прийняття рішення судноводієм у небезпечній ситуації та недостатньо розробленими науковими методами застосування явних та неявних експертних знань у процесі управління судном у небезпечній ситуації в умовах невизначеності для автоматизації вироблення рішень на основі систем підтримки прийняття рішень (СППР). Відсутність напрацювань з таких підходів і методів в умовах нагальної потреби в них створила проблемну ситуацію, для вирішення якої актуальним є вирішення наукового завдання з розробки методів формалізації процесу управління судном для підвищення ефективності функціонування судових ергатичних систем зі зміною структурою.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що:

- удосконалено метод формалізації процесу оцінки навігаційної обстановки у районі плавання, який, на відміну від відомих, базується на використанні моделі динамічного простору рівнів безпеки зон у районі плавання, яка враховує екстремальність ситуації та стан судноводія і дозволяє підвищити обґрунтованість прийняття рішень судноводієм.

- розроблено метод формалізації знань про процес оцінки дій судноводія судна-потенційної загрози, в якому вперше запропоновано спільне використання методів розпізнавання навігаційної обстановки зі знаннями про цілі та завдання судноводія судна-загрози.

- розроблено метод узгодження технічного та біологічного сегментів ергатичної системи управління судном який, на відміну від відомих базується на використанні нечіткого нейромережевого підходу, що дозволяє виконувати індивідуально-адаптований контроль і підтримку прийняття рішення судноводієм.

Використання запропонованого підходу дозволяє скоротити загальний час на вироблення рішення щодо безпечного розходження на  $25 \div 38\%$  у

порівнянні з традиційними підходами. Врахування й обробка у запропонованих методах великої кількості факторів дозволяють збільшити коефіцієнт повноти врахування чинників на  $16 \div 34\%$  порівняно з відомими. У свою чергу, це дозволяє підвищити своєчасність вироблення рішень порівняно з неавтоматизованим способом – у  $1,4 \div 2,5$  рази, та порівняно з використанням АІС – у  $1,15 \div 1,55$  рази.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що розроблені теоретичні положення та методи, які є основою для розробки математичного та програмного забезпечення систем підтримки прийняття рішень судноводія, що дозволяють підвищити оперативність та обґрунтованість прийняття рішень в ергатичній системі "судноводій – судно". Результати дисертаційних досліджень реалізовані у судноплавній компанії "Червона Рута".

Наведені нові науково-обґрунтовані практичні рекомендації щодо перспективної індивідуально - адаптованої системи підтримки дій судноводія, що дозволяють розглянути можливість використання даних підходів у інших системах управління на транспорті, а також значно підвищити оперативність та обґрунтованість прийняття рішення судноводієм під час управління рухом судна в небезпечній ситуації.

Ключові слова: судно, навігація, ергатична система, складні навігаційні умови, небезпечна ситуація, зіткнення суден.

### **СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА**

1. Zazirnyi A. The Synthesis of the Reference Image and Algorithms for Vehicle Navigation Systems / O. Tymochko, A. Tystan, V. Ushan, N. Yeromina, O. Dmitriiev, V. Mazharov, I. Padalka, I. Hannoshyna, I. Masik, A. Zazirnyi // International Journal of Emerging Trends in Engineering Research. – 2020. – Vol. 8 № 3. – С. 853-858.

2. Зазірний А. А. Метод формалізації знань про процес оцінки дій судноводія судна-потенційної загрози / А. А. Зазірний // Водний транспорт: Збірник наукових праць. – 2020. – Вип. 3(31). – С. 126-133.

3. Зазірний А. А. Узгодження технічного та біологічного сегментів ергатичної системи "судноводій – судно" з використанням нечіткого нейромережевого підходу / А. А. Зазірний, О. О. Аросланкін // Водний транспорт: Збірник наукових праць. – 2021. – Вип. 1(32). – С. 19-28.

4. Зазірний А. А. Метод формування динамічного простору рівнів небезпеки зон в районі плавання при вирішенні задачі розходження судна з навігаційними небезпеками / А. А. Зазірний // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – 2021. – № 1(67). – С. 110-118.

5. Зазірний А. А. Метод узгодження елементів ергатичної системи «судноводій – судно» з використанням нечіткого нейромережевого підходу. The process and dynamics of the scientific path: I International Scientific and Theoretical Conference, 26 Feb. 2021 – Athens: Scentia, 2021. P. 144-148.

6. Зазірний А., Бойко А. Д. Метод определения опасности навигационных ситуаций в зонах интенсивного судоходства. XV International Scientific and Technical Conference, 5 May 2020, – Baki: Azerbaijan state marine academy , 2020. P. 125-126.

7. Зазірний А. А., Шевченко А. П., Бойко С. О. Методи автоматизації контролю технічного стану засобів водного транспорту у різноманітних умовах експлуатації. Всеукраїнська інтернет-конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Технічні науки в Україні: сучасні тенденції розвитку»: тези доповідей, 20-21 листопада 2019 року. – К.: ДУІТ, 2019. С. 121-123.

8. Зазірний А.А., Бойко С.О. Вибір критерію оптимальності системи технічного обслуговування суднових комплексів. II Міжнародна науково-практична морська конференція кафедри СЕУ і ТЕ Навчально-наукового інституту Морського флоту Одеського національного морського університету. Одеса, 2020. С.165–168.

## ANOTATION

Zazirnyi A. A. Methods of formalizing the process of management of the vessel to increase the efficiency of the functioning of ship ergative systems with a change in structure. - Qualification scientific work on the rights of the manuscript.

Thesis for a Doctor of Philosophy of Specialty 271 - River and Sea Transport. – Kyiv Institute of Water Transport named after. Hetman Petr Konashevich – Sagaidachniy, State University of Infrastructure and Technology, Kyiv, 2021.

One of the decisive conditions for a successful solution to the warning and avoiding the implementation of a dangerous situation is a substantiated and timely decision on the management of the ship, both in the course of maneuvering and during preparation for it. The dynamism of changing the navigation situation in a dangerous situation, a high degree of uncertainty, rigid temporal frames for making decisions, if necessary, analysis and consideration of a large number of heterogeneous factors indicate the need to increase the efficiency and reliability of solving the management of the judiciary.

At the same time, one of the main tasks solved by the ship is an assessment of the navigation situation, the state and parameters of the movement of its own vessel and the action of the ship.

Making a decision during the movement of the vessel is carried out by the results of the assessment of the situation, which is formed during the movement of the vessel. The efficiency of the assessment of the navigation situation depends on the personal qualities of the ship and the complexity of the navigational situation consisting.

In existing automation tools, it is complicated by the implementation of modern methods of intellectualization of decision support, which allow individual-adapted control and support of the ship in the process of managing the movement of the vessel. The application of new approaches will reduce the time costs on the assessment of the situation, and increase the validity of the decisions taken. An analysis of existing methods for supporting decision-making by the ship during the

traffic of the vessel shows that in the synthesis of management systems, the vessel exists the problem of extraction, submission and formalization of expert knowledge.

Thus, there is a discrepancy between the necessity of the operational and substantiated decision of the ship in a dangerous situation and insufficiently developed scientific methods of application of obvious and implicit expert knowledge in the process of managing a ship in a dangerous situation in conditions of uncertainty for automation of decision making based on decision support systems (DSS). The lack of developments from such approaches and methods in the conditions of urgent need for them has created a problem situation, to address which is relevant to solving a scientific task for the development of methods for formalizing the process of managing the vessel to increase the efficiency of the functioning of ship's ergative systems with a change in structure.

The scientific novelty of the results obtained is that:

- improved method of formalizing the process of evaluation of the navigation situation in the navigation area, which, unlike known, is based on the use of a model of dynamic space levels of danger of zones in the area of navigation, which takes into account the extreme situation and the state of the ship and allows to increase the validity of decision making by the ship.

- a method of formalizing knowledge about the process of evaluation of the ship-potential threat is developed, which for the first time proposed joint use of the methods of recognition of the navigation situation with knowledge of goals and tasks of the ship-threat vessel.

- the method of coordinating the technical and biological segments of the ergative management system, in contrast to the use of a fuzzy neural network approach, which allows to perform individually-adapted control and support for the decision-making of the ship.

The use of the proposed approach allows to reduce the total time to develop a solution for a safe difference of  $25 \div 38\%$  compared to traditional approaches. Consideration and processing in the proposed methods of a large number of factors

allow to increase the coefficient of completeness of taking into account the factors at  $16 \div 34\%$  compared to those known. In turn, it allows to increase the timeliness of decision making compared to a non-automated method - in  $1,4 \div 2,5$  times, and compared with the use of AIS - in  $1,15 \div 1,55$  times.

The practical significance of the results is that the theoretical provisions and methods that are the basis for the development of mathematical and software for the decision-making system for the decision-making system, which allow to increase the efficiency and reasonability of decision-making in the ergative system "Shipyard - Ship". The results of dissertation studies are implemented in the shipping company "Red Ruta".

New scientifically substantiated practical recommendations for a perspective individual - adapted system of support for ship actions, which allow you to consider using these approaches in other transport management systems, as well as significantly increase the efficiency and reasonableness of the decision of the ship during the Management.

Keywords: ship, navigation, ergatic system, difficult navigation conditions, dangerous situation, collision of ships.

## **LIST OF PUBLISHED PAPERS ON THE TOPIC OF THE DISSERTATION**

1. Zazirnyi A. The Synthesis of the Reference Image and Algorithms for Vehicle Navigation Systems / O. Tymochko, A. Ttystan, V. Ushan, N. Yeromina, O. Dmitriiev, V. Mazharov, I. Padalka, I. Hannoshyna, I. Masik, A. Zazirnyi // International Journal of Emerging Trends in Engineering Research. – 2020. – Vol. 8 № 3. – P. 853-858.

2. Zazirnyi A. A Method of formalization of knowledge about the process of assessing the actions of the ship's driver of a potential threat / A. A Zazirnyi // Water transport: Collection of scientific works. – 2020. – Vol. 3 (31). – P. 126-133.

3. Zazirnyi A. A Coordination of technical and biological segments of the ergatic system "master - ship" using a fuzzy neural network approach / A.A Zazirnyi, O. O Aroslankin // Water transport: Collection of scientific works. – 2021. – Vol. 1 (32). – P. 19-28.

4. Zazirnyi A. A. Method of forming a dynamic space of danger levels in the area of navigation in solving the problem of divergence of the vessel with navigational hazards / A. A Zazirnyi // Collection of scientific works of Kharkiv National University of the Air Force. – 2021. – № 1 (67). – P. 110-118.

5. Zazirnyi A. A. Method of coordination of elements of the ergative system "navigator - ship" using a fuzzy neural network approach. The Process and Dynamics of the Scientific Path: I International Scientific and Theoretical Conference, 26 Feb. 2021 - Athens: Scintia, 2021. P. 144-148.

6. Zazirnyi A. A., Boyko A. D. Method of determining the sketch of vigilance situations in areas of intensity sparing. XV International Scientific and Technical Conference, 5 May 2020, – Baki: Azerbaijan State Marine Academy, 2020. P. 125-126.

7. Zazirnyi A. A., Shevchenko A.P, Boyko S.O. Methods of automation of control of the technical condition of water transport in a variety of operating conditions. All-Ukrainian Internet Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists "Technical Sciences in Ukraine: Modern Development Trends": Abstracts Reports, November 20-21, 2019. - K.: Duit, 2019. P. 121-123.

8. Zazirnyi A. A., Boyko S. O. Choosing the criterion of optimality of the system of maintenance of ship complexes. II International Scientific and Practical Marine Conference of the SEU Department and the educational and Scientific Institute of the Maritime Fleet of the Odessa National Maritime University. Odessa, 2020. p.165-168.