

7. Мальцев А. С. Интеллектуальные гибридные системы поддержки принятия решений при расхождении судов. Судовождение: Сб. научн. трудов ОНМА. 2006. Вып. 11. С. 74–86.
8. Нечаев Ю. И., Сизов В. Г. Принятие решений в условиях неопределенности в задачах безопасности мореплавания. Судовождение: Сб. научн. трудов ОНМА. 2006. Вып. 11. С. 91–107.
9. Піпченко О. Д. Розвиток теорії та практики управління ризиками при вирішенні комплексних навігаційних задач. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.13 – навігація та управління рухом (271 – річковий та морський транспорт). – Національний університет "Одеська морська академія", м. Одеса, 2021.
10. Пипченко А. Д. Определение дистанции опасного сближения при расхождении маневром собственного судна. Вестник Одесского национального морского университета. 2017. Вып. 2(51). С. 156–164.
11. An M., Wang J., Ruxton T. The development of fuzzy linguistic risk level for analysis of offshore engineering products using approximate reasoning approach. Proceedings of OMAE 2000, the 19th International Conference of offshore mechanics and Arctic Engineering. New Orleans, USA, 2000. P. 321–329.
12. Fossen T. I. A Nonlinear Unified State-Space Model for Ship Maneuvering and Control in a Seaway. Norwegian University of Science and Technology, 2005. 28 p.
13. Lataire E., Vantorre M., Delefortrie G. The Influence of the Ship's Speed and Distance to an Arbitrarily Shaped Bank on Bank Effects. 2015. Vol. 11: Prof. Robert F. Beck Honoring Symposium on Marine Hydrodynamics. DOI: 10.1115/omae2015-41835
14. Антомонов, Ю. Г. Расчёт систем, оптимальных по быстродействию: (Управление судном по курсу) / Ю.Г. Антомонов. – Л.: Судостроение, 1964. – 71 с
15. Попович М. Г., Ковальчук О. В. Теорія автоматичного керування: Підручник. – 2-ге вид., перероб. і доп. – К.: Либідь, 2007. – 656 с.

УДК 656.61 (656.62)

doi.org/10.33298/2226-8553.2023.2.38.17

Зазірний А.А.

ВИЗНАЧЕННЯ ТА КОНТРОЛЮ МІСЦЯ ПОЛОЖЕННЯ СУДНА З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

Мета даного дослідження полягає в опрацюванні можливостей підвищення елементів безпеки плавання судна за недостатньої навігаційної інформації за допомогою нечітких логічних систем. Для цього необхідно дослідити методи контролю розташування судна на основі нечіткої логіки, розробка нового підходу до визначення параметрів вектора стану судна, контролю розташування за допомогою способів теорії нечітких множин; в оцінці параметрів вектора стану судна, що входять до системи з різних джерел. У роботі запропоновано спосіб оцінки за допомогою нечітких чисел. Зазначений спосіб дозволяє оцінювати одночасно декілька параметрів вектора стану судна, а також візуалізувати небезпечні та безпечні параметри.

Отримані дані можна застосувати у системі підтримки прийняття рішень, що згодом стане найважливішим аспектом вибору траєкторії руху судна, тобто безпечного управління судном.

Ключові слова. морський транспорт, транспортна система, вантажообіг, безпека, навігаційне обладнання, судноводії, судноплавні компанії, навігаційні аварії, стиснені акваторії, попереднє прокладання шляху, глобальні навігаційні супутникові системи, інформаційне середовище, точність координат, автоматизація, безпека навігації.

Постановка проблеми. Морський транспорт є важливою складовою глобальної транспортної системи та у загальному світовому вантажообігу його частка становить понад 60%. З кожним роком вимоги до морських перевезень стають дедалі жорсткішими. Насамперед, це пов'язано із забезпеченням безпеки. Незважаючи на розвиток навігаційного обладнання та посилення вимог до судноводіїв та судноплавних компаній з боку як ІМО, так і національних відомств, кількість навігаційних аварій, як і раніше, залишається високою. Стиснені акваторії вважаються найбільш небезпечними для плавання судна. Судноводію слід ретельно підходити до процесу виконання попереднього прокладання шляху судна в небезпечних у навігаційному плані місцях [1], а також постійно контролювати місце розташування, особливо в умовах нестачі навігаційної інформації.

Глобальні навігаційні супутникові системи не вирішують всієї повноти навігаційних завдань, що виникають у судноводія. ІМО передбачає вирішити навігаційні проблеми в рамках запровадження загальних масивів інформаційного середовища е-Навігації. Разом з тим окремі випадки навігаційних проблем залишаються в умовах неповноти навігаційної інформації при утриманні судна на маршруті.

Найважливішим завданням судноводіння залишається визначення та контроль місцезнаходження судна та оцінка точності обсервованих координат місця [2]. В умовах, що склалися, автоматизація процесу визначення місцезнаходження судна має велике значення для безпеки навігації.

Сучасні технічні засоби судноводіння перебувають у стадії безперервного вдосконалення. Процеси контролю розташування судна, в тому числі автоматичного, вимагають подальшого дослідження.

Визначення обсервованого розташування судна можливе за візуальними спостереженнями берегових орієнтирів: по двох пеленгах, по трьох пеленгах, по пеленгу та горизонтальному куту. Існують комбіновані методи визначення обсервованого місцеположення судна (ОМС), коли використовується візуальне спостереження орієнтирів та судові радіолокаційні засоби, наприклад, способи визначення місця по пеленгу та відстані, горизонтальному куту та відстані. Справжня позиція судна може бути також детермінована по небесних світилах, по пеленгах радіомаяків, за допомогою наземних радіонавігаційних систем або за супутниковими радіонавігаційними системам з подальшим прокладанням навігаційних параметрів для контролю обчислення шляху.

Метою статті є підвищення елементів безпеки плавання судна за недостатньої навігаційної інформації.

Виклад основного матеріалу. Судноводіння – це наука, яка вивчає умови, засоби та способи водіння суден та складається з таких дисциплін: управління судном, навігація, морехідна астрономія, електронні і технічні засоби судноводіння. Предметом сучасного судноводіння є вибір найвигіднішого шляху руху судна та здійснення його безпечного переходу таким шляхом у встановлений термін [3].

Важливу роль у забезпеченні безпеки мореплавання відіграє проблема безпечного розходження суден. Для вирішення проблеми попередження зіткнень у 1972 р. було прийнято «Конвенцію про міжнародні правила попередження зіткнень суден у морі», додатком якої є Правила МППЗС-72 (МППЗС). Варто зазначити, що МППЗС не враховують навігаційних обмежень у районі плавання, не застосовуються у разі зустрічі кількох суден, тому судноводій не завжди може точно оцінити навігаційну обстановку та зробити правильний вибір для вирішення завдання розходження. Іншими словами, дуже суттєвим є «людський фактор» [3].

«Людський фактор – це психологічні та інші характеристики людини, його можливості, обмеження, що визначаються у конкретних умовах його діяльності, причина нещасного випадку, аварії, пригоди внаслідок неправильних дій людини» [4].

Вирішення проблеми впливу людського фактора на прийняття рішень – це створення автоматизованої системи запобігання зіткнення суден. Головним її призначенням є інформаційна допомога у виконанні завдань судноводіння, що полягає у наданні своєчасних, достатніх, легко інтерпретованих даних, необхідних для прийняття рішень. За останні роки з'явилася велика кількість публікацій, пов'язаних із розглядом та вирішенням даної проблеми [5].

Розгляд простих, фундаментальних положень поняття «безпека» формує у будь-якого фахівця визначення безпечної поведінки. Забезпечення безпечних умов будь-якої діяльності здійснюється при урахуванні всіх без винятку особливостей трудових та виробничих процесів, притаманних конкретній сфері діяльності. Будь-який фахівець повинен мати жорсткі та гнучкі навички [5]. Звідси виникає необхідність їх вивчення в залежності від галузі діяльності та безпосередньо виконуваної роботи.

Для того щоб зрозуміти, чи безпечно працює будь-яка система, її необхідно оцінити. При цьому оцінка безпеки будується на послідовності стадій виділення параметрів у реально існуючих системах, а далі математичної формалізації та формулювання загальної моделі безпеки. Існують різні методи детермінування захищеності системи. У сукупному варіанті вони можуть бути представлені як чотири групи (рис. 1):

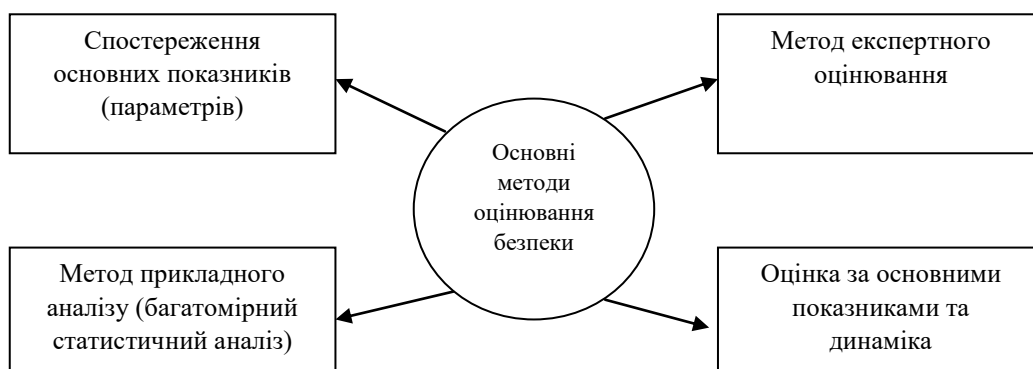


Рисунок 1 – Основні методи оцінювання безпеки

Крім ключових методів оцінювання безпеки є значна кількість інших методик, які можна систематизувати наступним чином (рис. 2):

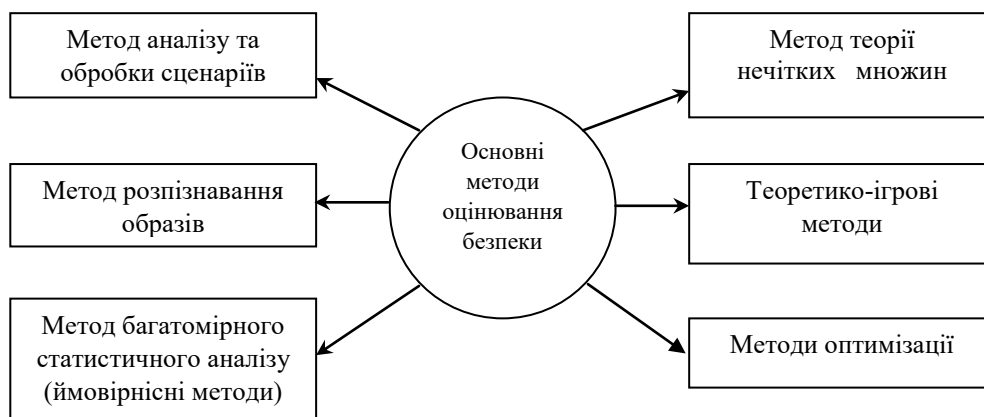


Рисунок 2 – Класифікація методів оцінювання безпеки

Проаналізуємо докладніше кожен метод:

1. Методи багатовимірної аналізу.

Сутність даного методу полягає в переході від первісної ідеї до новіших, попередньо некорельованих компонентів, які мають меншу кількість факторів, що обмежує цілу або дуже ймовірну частку мінливості початкових даних. Це завдання комплексне, але має рішення з використанням методу компонентного аналізу, який відноситься до одного з методів факторного аналізу даних.

2. Теоретико-ігровий метод.

Теоретико-ігровий метод заснований на створенні системи оцінювання «людина-машина». Система використовує великий інтелектуальний потенціал у вигляді програмного та інформаційного забезпечення підтримки прийняття рішень. Метод дозволяє налаштовувати модель системи управління, вносити корективи до бази даних після кожного сеансу гри. Попередником теоретико-ігрового методу були традиційні зустрічі на різних рівнях управління. Відмінні результати отримують при використанні теоретико-ігрових способів, особливо у тих аналізованих випадках, де всі без винятку процеси можуть бути перебудовані в ігри.

3. Методи оптимізації.

Нерідко дані способи застосовуються в аналітичному відображенні досліджуваних процесів з метою генерації кожного підбраного аспекту безпеки. Даний варіант суттєво обмежує сферу застосування критеріїв, якщо описані процеси характеризуються показниками, які не можуть бути кількісно віднесені до простої аналітичної форми.

4. Методи, засновані на теорії нечітких чисел та множин.

Зазначені методи є сучасним апаратом для дослідження та вивчення комплексних, складно формалізованих питань та завдань. Поняття «нечітка множина» було запропоновано видатним ученим Лотфі Заде у 1965 році. Методи дають можливість формалізувати невірні, неідеальні, часто двоїсті поняття та знання, якими користуються експерти при логічних виведеннях, тобто, по суті, є перекладачем комп'ютерної мови на зрозумілу будь-якому фахівцю природну мову.

5. Методи розпізнавання образів.

Методи для ідентифікації предметів, процесів, явищ, ситуацій, також об'єктів, що характеризуються кінцевим набором деяких властивостей і ознак. Конкретна основа ідеї розпізнавання образів складається з набору різних методів: теорії ймовірності, математичної статистики, випадкової теорії взаємозв'язку та теорії ігор.

6. Метод аналізу та обробки сценаріїв.

Сутність методу полягає у тому, що відбувається організація взаємодії досвідчених кадрів, що працюють у різних сферах діяльності, генерації та вирішення комплексних завдань, при цьому використовуючи математичне моделювання.

Як відзначалося, залежно від виду діяльності використовуються конкретні методи оцінювання безпеки. Докладніше розберемо способи, які застосовуються для оцінки безпеки мореплавства. Завданням усієї світової спільноти є забезпечення безпеки. Визначення вирішення зазначеної проблеми безпосередньо пов'язано з оцінкою значень навігаційного ризику та прийняттям рішення про застосування ресурсів для боротьби з навігаційними ризиками. У навігації під цим передбачається обрання найкращих схем маневру з позиції контролю максимальної дистанції від рухомих та нерухомих загроз.

Під безпекою навігації та судноводіння мається на увазі якісна характеристика комплексної організаційно-технічної навігаційної системи, що містить множину підсистем, взаємопов'язаних одна з одною.

Апріорний та апостеріорний методи є основними двома способами оцінювання навігаційної безпеки плавання. Апріорний спосіб полягає у застосуванні математичної моделі руху судна, яка дозволяє оцінити ймовірність виключення відмов у системі мореплавства. Тут під системою мореплавства розуміється комплекс навігаційного, гідрографічного забезпечення та роботи штурманської служби судна.

Апостеріорний (статистичний) метод заснований на обробці статистичних даних, що характеризують навігаційні події, які відбулися із суднами за певний період часу. Щоб повністю оцінити рівень навігаційної безпеки мореплавання необхідно знайти підходи, які б враховували основні властивості організаційно-технічної системи навігації, причому враховуючи різноманітність взаємозв'язків елементів. Властивості навігаційної системи за природою можуть бути стохастичними або визначеними [3].

Оцінка рівня безпеки навігації та судноводіння виконується методами теорії систем у випадку, коли характер елементів системи детермінований [6]. При застосуванні математичних моделей руху враховуються вся сукупність гідродинамічних та механічних сил, які діють на судно. Цей підхід непогано показав себе в оцінці безпечного проходу судна у вузькостях, стиснутих водах, каналами та навколо портових кордонів. Детермінований підхід містить особливість, яка полягає в тому, що випадкові фактори у будь-якому циклі моделювання видаються вже попередньо визначеними, а з наступними циклами модифікуються. Крім наведеного, складно описати модель управління морським об'єктом, що містить стадії оцінки вірності прийняття рішення на виконання маневру, моніторингу та реалізацію команди, при цьому з огляду на можливі невизначеності.

Як видно, способів та методів оцінки безпеки у різних сферах життєдіяльності людини, зокрема, у мореплаванні значна кількість. Для оцінки безпеки необхідно мати базу даних, а саме, параметри руху судна, сили, що діють на судно чи морський плавучий об'єкт. Розглянемо докладніше параметри, що використовуються у судноводінні:

1. Курс морського плавучого об'єкта – двогранний кут між площиною істинного меридіана та діаметральною площиною судна, що відраховується у градусах від північної частини меридіана по ходу годинникової стрілки;

2. Швидкість – одна з найважливіших експлуатаційних характеристик судна, що визначає швидкість його пересування. Швидкість на флоті вимірюється у вузлах (морська миля за годину), кабельтових за хвилину. Існують різні види швидкості судна.

3. Дистанція до небезпеки – найкоротша відстань до об'єкта. У судноводінні одиницею виміру є морські милі та кабельтові;

4. Пеленг – це двогранний кут між напрямком на північ (N істинний) і вертикальною площиною, що проходить через об'єкт, який спостерігається та точку спостереження;

5. Кутова швидкість повороту судна – величина, що характеризує швидкість зміни курсу за одиницю часу навколо центру обертання;

6. Дрейф або знесення судна (XTD) – зміщення судна з лінії шляху під впливом вітру, моря та течії;

7. Кут дрейфу – кут між лінією генерального курсу та курсу, що утворюється при дрейфі. Кут дрейфу при впливі на судно вітру та течії утворюють загальний кут дрейфу;

8. Обороти за хвилину (RPM) – одиниця вимірювання частоти обертання головного двигуна (ГД), а саме кількість повних оборотів ГД одиницю часу;

9. Осад судна – вертикальна відстань від діючої ватерлінії до кіля судна, тобто глибина занурення судна у воду.

Оскільки різні відрізки маршруту руху судна відрізняються будь-якими особливостями в навігаційному, географічному і гідрометеорологічному плані, то оцінка безпеки руху судна має проводитися окремо на кожній ділянці.

Найвідомішими методами оцінювання безпеки мореплавання, оцінки точності розташування є імовірнісні методи. Розглянемо математичну модель апіорної оцінки безпеки плавання судна. Імовірність безпеки навігації на відрізку маршруту знаходиться у прямій залежності від ймовірності розташування, що є важливим критерієм. Даний факт дозволяє не допустити посадки судна на мілину або запобігти великому знесенню від генерального курсу та від ймовірності плавання, з тим, щоб уникнути зіткнення з іншими судами, особливо при навігації в протоках, вузькостях або у стиснених судноплавних водах.

Перша з цих ймовірностей залежить від точності та надійності навігаційних приладів, визначення місця розташування судна, а також від діяльності оператора-судноводія. Позначимо її як P_n , тоді ймовірність навігації, безпечної від зіткнення з динамічними об'єктами, яка залежить, в першу чергу, від якості управління судном та вміння використовувати всі навігаційні прилади позначимо символом P_y . Тоді математична модель безпечної навігації судна або плавучого морського об'єкта записується як:

$$P_{БП} = P_n \cdot P_y. \quad (1)$$

Існують аналітичні підходи, які представляють поведінку складної системи, наприклад, мережею Байєса. Байєсовська модель вважається орієнтованим графом особливого виду. Вершини графа – головні властиві події, що відображають прояв логічних властивостей системи судноводіння та навігації: стан системи навігаційно-гідрографічних умов, здатність судноводія оцінювати навігаційну обстановку та приймати рішення тощо. Ребра моделі графа складаються з логічних зв'язків між подіями, які представлені у вигляді кон'юнкцій, диз'юнкцій та інверсій. Декомпозиція подій, включених до графу, має здійснюватися до глибини їхньої статистичної відокремленості між собою. Використання генеральних правил алгебри логіки (булевої) дозволяє отримати логічне вираження, в принципі, будь-якої події байєсівської моделі системи навігації.

Перетворення логічної закономірності функціонування досить складної системи судноводіння у функцію ймовірності гарантується застосуванням аксіоматики О.М. Колмогорова [7]. Оцінка безпеки мореплавання може бути здійснена за допомогою способів, заснованих на нечіткій логіці. Для виконання завдання необхідно створити методику, яка може бути реалізована у вигляді системи нечіткого виведення та дозволить визначати рівень безпеки на основі комплексної оцінки.

У загальному випадку критерій безпеки мореплавання (з управління) можна записати у такому вигляді:

$$\mu_{нбп} = \mu_y \cdot \mu_{омс}, \quad (2)$$

де $\mu_{нбп}$ – навігаційна безпека плавання, $\mu_{мс}$ – ступінь приналежності позиції судна щодо справжньої, μ_y – ступінь безаварійного управління судном.

Необхідно сказати, що при визначенні розташування судна, судноводій отримує обсервовані координати з певними допущеннями, оскільки утворюється фігура похибок. Залежно від кількості оброблюваних навігаційних параметрів дана фігура приймає різну форму. Розташування судна може бути оцінене за формулою (3), на підставі отриманих даних вибудовується вказана фігура похибок.

$$\mu_{омс}(x) = \sup\{\min(\mu_1(x), \mu_2(x), \dots, \mu_n(x))\}, \quad (3)$$

де $\mu_1(x) - \mu_n(x)$ – ступінь належності навігаційних параметрів; n – індекс НП, що показує порядковий номер. Ступінь приналежності навігаційного параметра можна визначити за формулам, запропонованим у [26].

Управління рухом судна – це складний процес, від якого безпосередньо залежить безпека судна. Керований об'єкт можна описати за допомогою стохастичних рівнянь динаміки:

$$\bar{x}(t) = A(t) \cdot x + B(t) \cdot u; \quad x(t_0) = x_0; \quad x_0 \in V, \quad (4)$$

де $A(t)$, $B(t)$ – матриці лінійної нестационарної системи; $\bar{x}(t)$ – оцінка вектору стану судна; $x(t) \in R^n$ – вектор стану судна, що включає зовнішній вплив на судно вітру, хвилювання та

течії; $u(t) \in R^n$ – вектор управління судна, складові якого належать кусково-безперервному класу функцій та лімітовані таким:

$$|u_j| \leq M_j; M_j > 0; j = \overline{1, m}, \quad (5)$$

де M – максимальна управляюча дія.

Ці обмеження мають такий фізичний зміст. Відхилення на заданому часовому інтервалі координат, викликаного максимальним допустимим управлінням $u(t)$, має бути більше або дорівнювати сумарному відхиленню в кінцевий момент часу, викликаного дією збурення та вільного руху системи. Початкові умови породжують вільний рух, тому для нестійких систем відхилення координат можуть бути значними у кінцевий момент часу. Збільшуючи максимальні значення управлінь (граничні значення $M_j, j = \overline{1, m}$), зростають збурення, для яких можливе переведення системи. Збільшується область початкових, базових умов, за яких система може бути так само переведена у вихідне значення координат

Передбачається, що система (4) повністю керована на проміжку $(t_0 - t_k)$ та, відповідно, переводиться на початок координат обмеженим управлінням (5), тобто x_0 належить області керованості V .

$$\int_{t_0}^{t_k} \Phi(t_k, \tau) B(\tau) B^T(\tau) \Phi^T(t_k, \tau) d\tau = \int_{t_0}^{t_k} M_j d\tau, \quad (6)$$

де $\Phi(t_k, \tau)$ – фундаментальна матриця розв'язків рівняння (4); T – знак транспонування; τ – момент часу; t_0 та t_k – початковий та кінцевий час управління.

Допустимо, що вектор первинних умов $x_i(t_0) = (0, \dots, 0, x_i(t_0), 0, \dots, 0)$ містить лише одну ненульову компоненту $x_i(t_0)$. Розглянемо алгоритм створення управління з початкової умови i -ої координати.

Матриця управління перетвориться у фігуру взаємопов'язану з фігурою приналежності розташування судна, тому оцінивши вектор стану судна можна безпечно управляти. Таким чином, зазначена фігура приналежності місця є найважливішим показником якісного безаварійного управління.

Висновок. Враховуючи вищевикладене, можна зазначити, що неточна, помилкова інформація може призвести до прийняття неправильного рішення, для забезпечення безпеки судноводіння необхідно проводити безперервну оцінку стану судна, який дозволяє оцінювати одночасно декілька параметрів вектора стану судна, а також візуалізувати небезпечні та безпечні параметри. Отримані дані можна застосувати у системі підтримки прийняття рішень, що згодом стане найважливішим аспектом вибору траєкторії руху судна, тобто безпечного управління судном.

ЛІТЕРАТУРА

1. IMO // Human Element [Internet portal]. URL: <https://www.imo.org/en/OurWork/HumanElement/Pages/Default.aspx>.
2. Обертюр К.Л. Повышение безопасности эксплуатации судов методами управления событиями: дис. ... канд.техн. наук 05.22.20 / Обертюр Константин Леонидович. – Одесса, 2015. – 223 с.
3. Дерябін В. В. Модель зчислення шляху судна в умовах впливу зовнішніх факторів [Текст]// Експлуатація морського транспорту. - 2011. - № 1 (63) С. 33-38.
4. Resolution A.817 (19) Performance Standards For Electronic Chart Display And Information Systems (ECDIS) (adopted on 23 November 1995).
5. Мальцев А.С. Маневрирование судов при расхождении / А.С. Мальцев. – Одесса: Морской тренажерный центр, 2005. – 208 с.

6. Згуровський М.З. Основи системного аналізу / М.З. Згуровський Н.Д. Панкратова. – К. Вид. група BHV, 2007. – 546 с.
7. Гнеденко Б.В., Колмогоров А.Н. Предельные распределения для сумм независимых случайных величин.- М.: ГИТТЛ, 1949.-264 с.

Zazirnyi A.A.

DETERMINATION AND CONTROL OF THE LOCATION OF THE VESSEL USING Fuzzy LOGIC

The purpose of this study is to study the possibilities of increasing the safety elements of the ship's navigation with insufficient navigational information using fuzzy logic systems. For this, it is necessary to research the methods of controlling the location of the ship based on fuzzy logic, the development of a new approach to determining the parameters of the state vector of the ship, controlling the location using the methods of fuzzy set theory; in the estimation of the parameters of the ship's state vector, which are included in the system from various sources. The paper proposes a method of estimation using fuzzy numbers. The mentioned method allows to simultaneously evaluate several parameters of the ship's state vector, as well as to visualize dangerous and safe parameters. The obtained data can be applied in the decision support system, which will later become the most important aspect of choosing the trajectory of the ship's movement, that is, the safe management of the ship.

Key words. maritime transport, transport system, freight traffic, safety, navigation equipment, shipmasters, shipping companies, navigation accidents, compressed water areas, pre-laying of the path, global navigation satellite systems, information environment, coordinate accuracy, automation, navigation safety

УДК 629.5

doi.org/10.33298/2226-8553.2023.2.38.18

Сазін С.В., Заблоцький Ю.В.

ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СУДНОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК ЗАСОБІВ ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ

Розглянути питання щодо діагностування технічного стану енергетичної установки засобів водного транспорту. Виконаний аналіз проектування та експлуатації енергетичних установок засобів водного транспорту визначив їх вдосконалення доцільно вести за наступними напрямками: підвищення стійкості роботи деталей кривошипно-шатунного механізму і підшипників руху; зниження втрат енергії за рахунок підвищення пружнодемпфуючих властивостей мастильного матеріалу, що забезпечує процеси мащення та охолодження вузлів дизеля валу та лінії валопроводу; мінімізації гідравлічних втрат і контактних навантажень у паливній апаратурі високого тиску; розвитку методів діагностики технічного стану вузлів і деталей дизеля, а також функціональних характеристик робочих рідин, що забезпечують отримання корисної роботи. Підтвердженням цього стали результати випробувань, що виконувались на судових дизелях 6EY22AW та полягали в вимірюванні механічного коефіцієнта корисної дії на різних режимах роботи (що відповідають 35-ти, 50-ти, 65-ти і 80-ти %-ому навантаженню) за різної інтенсивності поповнення системи мащення (через кожні 100 годин роботи, через кожні 25 годин роботи та через кожні 10 годин роботи) та за різних варіантах додавання