

О.М. Тимошук

Київський інститут водного транспорту ім. гетьмана П. Конашевича-Сагайдачного, Київ

МЕТОД ФОРМАЛІЗАЦІЇ ЗНАТЬ ПРО ОЦІНКУ ОБСТАНОВКИ СУДНОВОДІЄМ ПРИ ВИНИКНЕННІ НЕБЕЗПЕЧНОЇ СИТУАЦІЇ ЗБЛИЖЕННЯ (ЗІТКНЕННЯ)

У статті розглядається розроблений метод формалізації знань щодо процесу оцінки обстановки судноводієм при виникненні небезпечної ситуації зближення (зіткнення) судів. За статистикою аварії на воді через зіткнення суден один з одним або з іншими навігаційними об'єктами є одними з головних. У свою чергу інтенсивність судноплавства по водних артеріях світового океану з кожним роком зростає. У даній ситуації зростають вимоги до безпеки при виконанні плавання особливо в акваторіях зі складними (стисненими) умовами. Отже, при ухваленні рішення судноводію необхідно оцінювати великий обсяг інформації. А оскільки велика частина вхідних даних доступна у вигляді інтервально-оціночних і лінгвістичних значень, а також відсутність у вхідних і вихідних даних властивості статичної стійкості обумовлює умови невизначеності. Тому для підвищення оперативності та обґрунтованості прийняття рішень при виникненні небезпечних ситуацій необхідно розробляти нові підходи для розробки автоматизованих систем управління судном. Оскільки оцінка обстановки є одним з перших етапів в процесі прийняття рішення, то якісне розпізнавання ситуації дозволяє виробляти рішення, яке максимально ефективно забезпечить безпечний рух суден водними маршрутами. Таким чином, для забезпечення вироблення рішень для маневру і розходження суден при їх зближенні, необхідно завчасно розпізнати небезпечну ситуацію. Розроблений метод дозволяє на основі отриманої інформації від різних джерел узагальнювати її і оцінювати ситуацію на основі керівних документів та і особистого досвіду експертів. Використання теорії нечітких множин і нечіткої логіки, а також комбінованих моделей знань для формалізації процесу розпізнавання ситуації дозволяє оперативно і обґрунтовано оцінювати небезпечну ситуацію зближення (зіткнення суден).

Ключові слова: судноводіння, небезпечне зближення, нечіткі множини, зіткнення суден, прийняття рішень, оцінка обстановки.

Вступ

Постановка проблеми. Основною метою розпізнавання небезпечних ситуацій на морі є віднесення їх формалізованих описів до відповідних класів. Автоматизація процедур розпізнавання є елементом автоматизації прийняття рішень. За результатами розпізнавання ситуацій приймають рішення виконання маневру для розбіжності судів для попередження зіткнень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз літератури показав, що дана задача є актуальною і для її рішення розроблені підходи, засновані на різних методах обробки інформації і вироблення рішень. В роботі [1] розглядаються стандартні підходи для оцінки ситуації небезпечного зближення, засновані на прогнозуванні подальшої ситуації на чисельних методах розрахунку руху суден. Даний підхід враховує, в основному, інформацію від одного джерела, не враховує методи об'єднання інформації від різних джерел для отримання більш повної інформаційної моделі ситуації. Пропонується використовувати математичний апарат нечітких множин для оцінки ризику небезпечної ситуації. В роботі [2] для оцінки ситуації запропоновано використовувати сценарну модель настання аварійної морської події (АМП). Розглянуті в роботі методи засновані на евристичній ймовірнісній іденти-

фікації, графо-аналітичній формалізації і супроводі по показовому закону зміни поточної ситуації за часом. Використовується імовірнісна модель АМС. В роботі [3] ситуації визначаються на основі формування результуючих приватних взаємодій судів. Для побудови використовуються навігаційні параметри руху судна і правила МПСС72. У роботах [4–5] для визначення ситуації небезпечного зближення визначаються на основі розроблених методів побудова небезпечних зон, потрапляння судів в які може призвести до зіткнення. Для побудови цих зон розглядаються лише навігаційні параметри руху суден. В роботі [6] запропоновано використовувати математичний апарат нечітких множин для обробки сигналів від судових РЛС для більш точного визначення параметрів руху суден і формування на основі цих даних інформації про ситуацію. В роботі [7] розглянута гібридна модель логічного висновку з об'єднанням механізму прийняття рішень на основі прецедентів з механізмом, заснованим на правилах або обмеженнях. Показано, що завдання вироблення рішень для забезпечення безпеки судна є актуальними для запобігання небезпечним ситуаціям в водних акваторіях.

Мета статті полягає у розробці методу формалізації знань щодо процесу оцінки обстановки судноводієм при виникненні небезпечної ситуації зближення (зіткнення) судів.

Виклад основного матеріалу

Нехай задані класи на безлічі рішень і ситуацій, і встановлено однозначну відповідність між такими класами.

Для розпізнавання небезпечних ситуацій під час руху суден у морській акваторії необхідно побудувати сукупність моделей, що відображають процес оцінки обстановки вахтовим офіцером при визначенні ризику зіткнення. Він відрізняється виявленням ступеня небезпеки ситуацій, що складаються

під час руху судна на основі застосування апарату нечітких множин та методу аналізу ієрархій.

Метод включає наступні основні етапи (рис. 1):

- обґрунтування і вибір апріорних даних, побудова початкових моделей;
- формалізація описів ситуацій, що виникають при русі судна, усунення невизначеностей;
- розробка методів представлення знань і маніпулювання ними;
- моделювання та оцінка якості рішення задачі розпізнавання ситуацій.

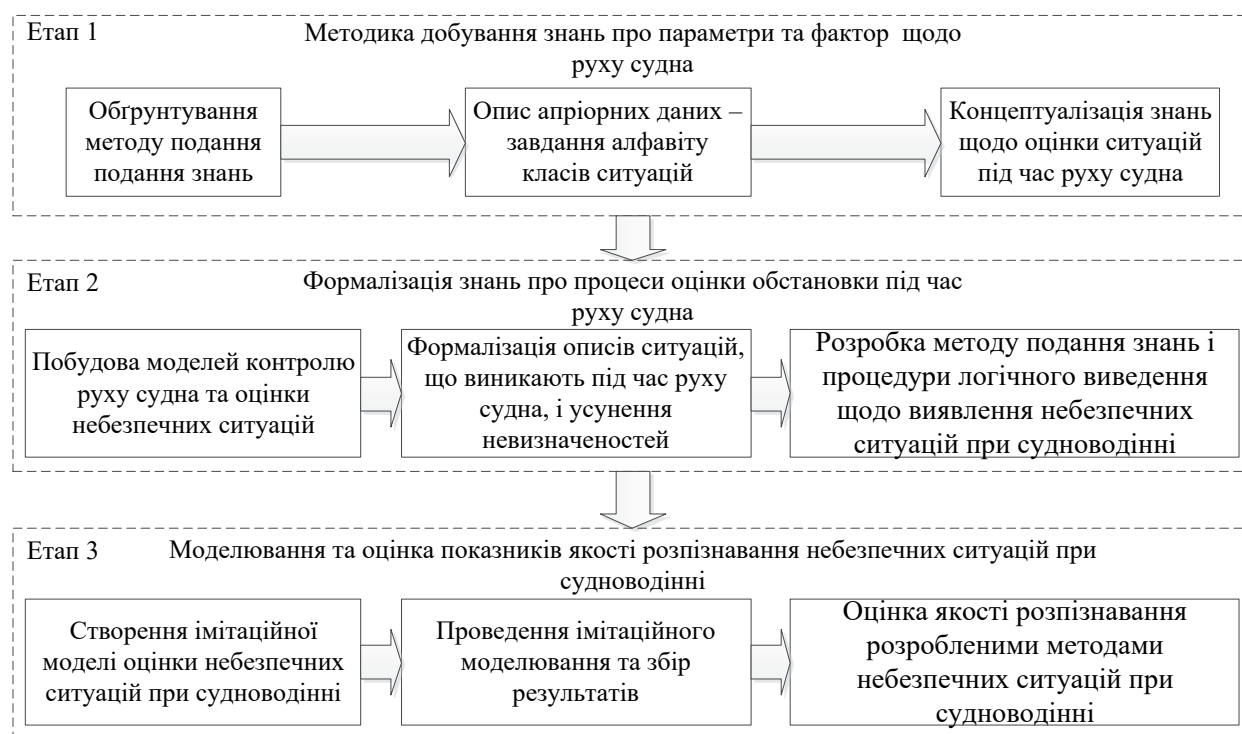


Рис. 1. Загальна структура та зміст методу подання знань про виявлення небезпечних ситуацій під час руху судна

Метод формалізації знань про завдання виявлення небезпечних ситуацій під час руху судна базується на таких основних принципах.

1. Об'єднання координатної і некоординатної інформації з різними видами невизначеності, що надходить від різних джерел.

2. Порівняння (ідентифікація) даних від різних джерел.

3. Визначення ступеня небезпеки ситуацій, що виникають в повітряному просторі, на основі експертної інформації.

Для аналізу обстановки при русі судна існують методики оцінки ситуацій, що виникають при взаємодії з іншими судами і навігаційними перешкодами. Вони включають параметри, які необхідно враховувати для встановлення факторів, що впливають на вибір безпечного маневру розходження.

Сформулюємо математичну постановку задачі розпізнавання. Кожне судно, що виконує рух у вод-

ній акваторії має цільову функцію F , яку воно реалізує в процесі експлуатації. Відповідно ціль судна $C_{вир}$ полягає в отриманні максимальної економічної ефективності за умови забезпечення безпеки руху у водній акваторії:

$$C_{вир} = F[(E \rightarrow \max E) / (P_{\sigma_3} > P_{н_3})], \quad (1)$$

де E – економічна ефективність;

P_{σ_3} – ймовірність плавання без зіткнень;

$P_{н_3}$ – ймовірність настання ситуації небезпечного зближення.

При наявності в акваторії руху судна інших суден може виникнути ситуація небезпечного зближення. Відповідно при сталому русі суден не виконується нерівність $P_{\sigma_3} > P_{н_3}$, тобто, не забезпечується достатній рівень безпеки судна. Тому ціль судна змінюється і складається зі зменшення $P_{н_3}$ незалежно від втрат економічної ефективності. Тому

при виникненні ситуації небезпечного зближення $C_{вир}$ змінюється на $C_{без}$:

$$C_{вир} \rightarrow C_{без} = F[(P_{нз} \rightarrow P_{бз}) / (E \rightarrow \max E)]. \quad (2)$$

Оскільки ціль судна $C_{без}$ виникає при появі в акваторії інших суден, тому виникає категорія ситуації $s_i \in S$, $i = \overline{1, m}$. Кожна ситуація s_i характеризується значеннями деяких ознак:

$$s_i = S\{D_{ij}, P_{ij}, V_i, V_j, K_i, K_j, W, R, L, U, N_j, N_{ij}, T_{ij}, A_{ij}, G_{ij}\}. \quad (3)$$

На множині S існує розбиття на кінцеву множини видів зближення суден a_{ij} , $A_{ij} = \bigcup_{j=1}^m a_{ij}$. Сукупність значень ознак визначає опис ситуацій множини S . Кожна з ознак може приймати значення з різної множини допустимих значень. При декомпозиції множини ситуацій S поділяється на підмножину недопустимих значень $S_{зітк}$, попадання в яку приводить до високої імовірності зіткнення, підмножину ситуацій небезпечного зближення $S_{неб}$ $i = \overline{1, f}$, $f < m$, рух в якій приводить до небезпечного зближення з одним чи декількома суднами та підмножину безпечних позицій $S_{без}$. При знаходженні судна в $s_i \in S_{без}$ при незмінних параметрах руху суден імовірність зіткнення мінімальна.

Задача розпізнавання полягає в тому, щоб для даної ситуації $s_i \in S$ і набору видів зближення з множини $a_{ij} \in A_{ij}$ за інформацією про ситуацію $I_s(s_i, \dots, s_m)$ і опису ознак небезпечного зближення $I_a(a_{ij}, \dots, a_{im})$ визначити можливість настання небезпечної ситуації $s_i \in S_{неб}$ та $s_i \in S_{зітк}$. Математично задача забезпечення виявлення небезпечних ситуацій виражається через ціль судна:

$$C = \begin{cases} C_{вир}, & \text{якщо } s_i \in S_{без}; \\ C_{без}, & \text{якщо } s_i \in S_{неб}; \\ C_{зітк}, & \text{якщо } s_i \in S_{зітк}. \end{cases} \quad (4)$$

Звідси випливає, що процес оцінки і визначення ситуації небезпечного зближення для попередження зіткнень є одним з невід'ємних етапів прийняття рішень при управлінні судном.

Модель ситуаційного аналізу встановлює зв'язок між отриманими даними і вихідними величинами. Вхідні величини характеризують такі поняття як район плавання, виявлення, цілі та параметри їх руху, власне судно, положення керівних документів.

Поточні дані про обстановку в акваторії під час руху судна в судоводія надходять від засобів радіолокаційного, диспетчерського і візуального контролю (рис. 2).

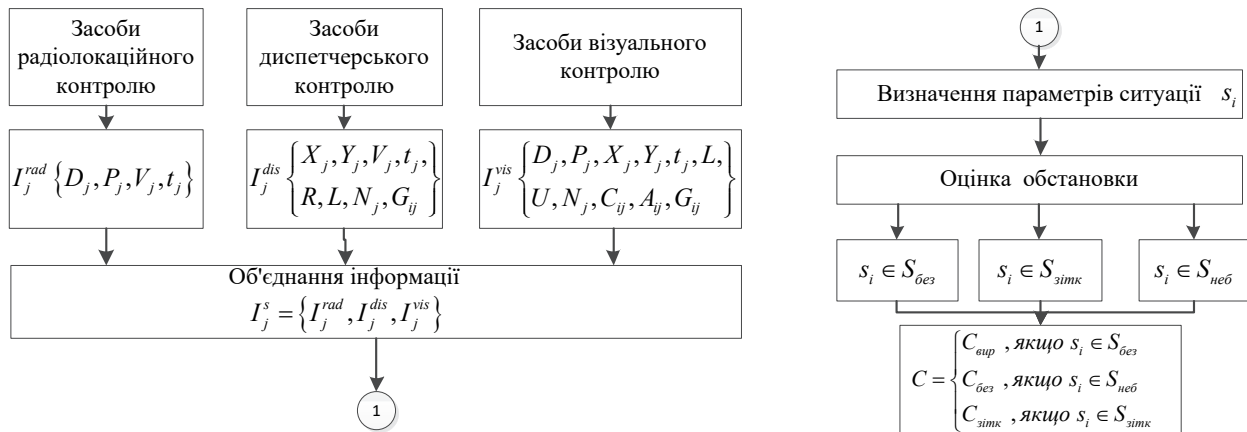


Рис. 2. Метод формалізації задачі ситуаційного аналізу при виникненні небезпечної ситуації зіткнення суден

Відповідно до отриманої інформації про ситуацію обстановки представимо інформацію:

а) про судно j :

$$I^j = \{X_j, Y_j, V_j, K_j, t_j, N_{ij}, G_{ij}\}, \quad (5)$$

б) про власне судно:

$$I^i = \{X_i, Y_i, V_i, K_i, t_i, G_{ij}, A_{ij}, U, N_i\}, \quad (6)$$

в) про характеристику умов плавання:

$$I_{ij}^{cond} = \{W, R, L\}. \quad (7)$$

Таким чином, кошти радіолокаційного, диспетчерського і візуального контролю дозволяють сформувати досить повну інформацію про обстановку та ситуації, що складаються під час руху судна.

Представляючи рух судна сукупністю ситуацій, в яких воно знаходиться, необхідно враховувати набір ознак. Завдання розпізнавання може бути представлено як визначення сукупності ситуацій, в яких знаходиться судно в процесі судоводіння. Але часто важлива не сама сукупність спостережуваних ситуацій, а їх послідовність. Тобто, результат розпі-

знавання визначається передісторією і можливими подальшими маневрами судів.

Розділимо зони, контрольовані судоводієм $Z_{control}$ на окремі ділянки [9]:

$$\{Z_{vis}, Z_{sec}, Z_{res}, Z_{mov}, Z_{dis}\} \subset Z_{control}. \quad (8)$$

Для вирішення таких завдань перспективним виглядає застосування методів прийняття рішень при багатокритеріальному аналізі альтернатив, до яких відносяться нечіткий логічний висновок (НЛВ) і метод аналізу ієрархій (МАІ) в нечіткому наближенні. Уявімо штатні і позаштатні ситуації під час руху судна в зонах, контрольованих судоводієм логіко-лінгвістичними описами, використовуючи нечітку імплікацію [10].

Ситуація є штатною, якщо судно рухається визначеним маршрутом, а наявні в акваторії інші судна не створюють небезпеку небезпечного зближення або зіткнення.

Виділимо для даного опису відношення [11]:

а) приналежності:

– поточних площинних координат (X_j^n, Y_j^n)

наявних в акваторії інших судів зонам, Z_{vis} , Z_{sec} , власного судна i :

$$\tilde{A}(x_i, y_i) \cdot R(X_{Z_{vis}^i}^{i}, Y_{Z_{vis}^i}^{i}; X_{Z_{sec}^i}^{i}, Y_{Z_{sec}^i}^{i}) \Rightarrow Z_{vis}^i \vee Z_{sec}^i; \quad (9)$$

– швидкості руху V_j^n інших наявних суден заданій безпечній відносній швидкості $\Delta V_{відн}^{ij}$:

$$\tilde{A}(V_j^n) \cdot R(V_{відн}^{ij}) \Rightarrow \Delta V_{відн}^{ij}, \quad (10)$$

де $j = \overline{1, m}$ – кількість інших наявних суден в акваторії маршруту судна i ;

– курсу руху q_j^n інших наявних суден заданому безпечному відносному курсу $\Delta K_{відн}^{ij}$:

$$\tilde{A}(q_j^n) \cdot R(K_{відн}^{ij}) \Rightarrow \Delta K_{відн}^{ij}, \quad (11)$$

де $j = \overline{1, m}$ – кількість інших наявних суден в акваторії маршруту судна i ;

– відповідності часу до моменту найкоротшого зближення t_j^n заданому інтервалу безпечному інтервалу часу $\Delta t_3^{ij} > t_{зад}^{ij}$:

$$\tilde{A}(t_j^n) \cdot R(t_3^{ij}) \Rightarrow \Delta t_3^{ij} > t_{зад}^{ij}, \quad (12)$$

де $j = \overline{1, m}$ – кількість інших наявних суден в акваторії маршруту судна i ;

б) відповідності:

– статусу судна i відповідно до пр.18 МППСС72 необхідному для даних умов штатної ситуації статусу судна ΔN_i :

$$\tilde{A}(n_i) \cdot R(N_i) \Rightarrow \Delta N_i. \quad (13)$$

– статусу судна j по відношенню до судна i для даних умов штатної ситуації статусу судна ΔN_{ij} :

$$\tilde{A}(n_{ij}) \cdot R(N_{ij}) \Rightarrow \Delta N_{ij}, \quad (14)$$

де $j = \overline{1, m}$ – кількість інших наявних суден в акваторії маршруту судна i ;

– категорії судна j по ступеню небезпеки до судна i для даних умов штатної ситуації до категорії безпечних (ΔC_{ij}):

$$\tilde{A}(c_{ij}) \cdot R(C_{ij}) \Rightarrow \Delta C_{ij}, \quad (15)$$

де $j = \overline{1, m}$ – кількість інших наявних суден в акваторії маршруту судна i ;

– рівня меж безпеки U для даних умов штатної ситуації до категорії безпечних (ΔU_{ij}):

$$\tilde{A}(u_{ij}) \cdot R(U_{ij}) \Rightarrow \Delta U_{ij}, \quad (16)$$

де $j = \overline{1, m}$ – кількість інших наявних суден в акваторії маршруту судна i ;

в) присутності (відсутності) (R_3):

– відсутність ознак поганої видимості W :

$$\tilde{A}(w) \cdot R(W) \Rightarrow W_g, \quad (17)$$

де $W_g > w_{ij}$ – граничне значення метеорологічної видимості, що дозволяє ведення спостереження за акваторією на дистанції, яка необхідна для виявлення та безпечного маневрування, щодо запобігання ситуацій небезпечного зближення або зіткнення;

– присутність ознак району з ускладненими умовами судноплавства R :

$$\tilde{A}(b) \cdot R(B) \Rightarrow r_n, \quad (18)$$

де r_n – характеристика району плавання;

– присутність ознак, що відносять вид зближення A_{ij} судна j до судна i для даних умов штатної ситуації до категорії безпечних (ΔA_{ij}):

$$\tilde{A}(a_{ij}) \cdot R(A_{ij}) \Rightarrow \Delta A_{ij}, \quad (19)$$

де $j = \overline{1, m}$ – кількість інших наявних суден в акваторії маршруту судна i ;

– присутність ознак судна i по характеру впливу на вибір судном j , завчасних заходів по попередженню зіткнення (G_{ij}), для даних умов штатної ситуації до категорії безпечних (ΔG_{ij}):

$$\tilde{A}(g_{ij}) \cdot R(G_{ij}) \Rightarrow \Delta G_{ij}, \quad (20)$$

де $j = \overline{1, m}$ – кількість інших наявних суден в акваторії маршруту судна i .

Якщо судно рухається в складних умовах метеообстановки, району плавання та порушується вста-

новлений порядок (правила) використання морських шляхів та безпечного маневрування, то дана ситуація характеризується як небезпечна ($S_{неб}$) або ($S_{зітк}$), тобто відсутнє хоч би одне з відношень (9–(20).

Аналогічним чином для даних ситуацій будуються логіко-лінгвістичні описи. На підставі отриманих виразів розроблений метод оцінки небезпечної ситуації зближення (зіткнення) судів (рис. 3).

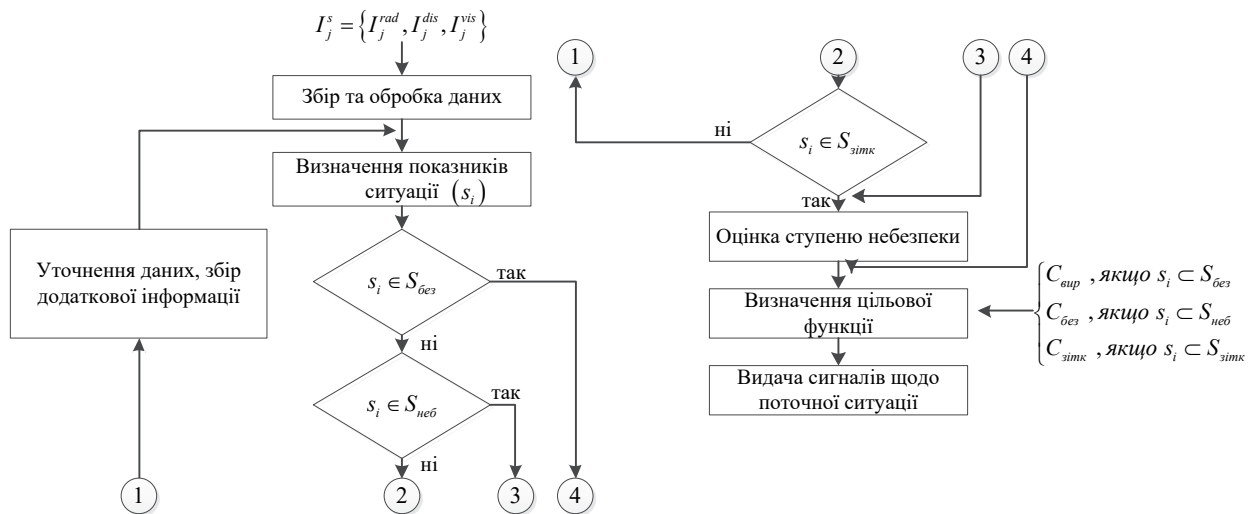


Рис. 3. Метод розпізнавання небезпечних ситуацій під час руху судна

Основною метою розпізнавання небезпечних ситуацій на морі є віднесення їх формалізованих описів до відповідних класів. Автоматизація процедур розпізнавання є елементом автоматизації прийняття рішень. За результатами розпізнавання ситуацій ОПР приймають рішення щодо виконання маневру для розбіжності судів для попередження зіткнень.

Висновки

Розроблено метод формалізації завдання ситуаційного аналізу при виникненні небезпечної ситуації зближення (зіткнення) судів, який дозволяє подання, усвідомлення і обробку знань про завдання виявлення небезпечних ситуацій при судноводінні. Їх реалізація передбачає вирішення розрахункових і логіко-аналітичних задач з використанням методів нечіткої логіки. Особливістю запропонованого методу формалізації знань про можливість небезпечної

ситуації в зоні, контрольованій судноводієм, є урахування наступних обмежень:

- різномірність, неточність і неповнота вихідної інформації про обстановку;
- тимчасові рамки вирішення завдань;
- використання якісних оцінок особами, які приймають рішення;
- представлення та інтерпретація модальних знань про ситуацію.

Запропонований метод відрізняється:

- процедурою формалізації модальностей різного роду і їх узагальненим описом з використанням апарату нечітких множин;
- використанням комбінованих моделей знань для формалізації процесу розпізнавання ситуації.

Даний метод дозволяє вирішити задачу адаптивного управління і підвищити оперативність і обґрунтованість оцінки обстановки.

Список літератури

1. Вагушенко Л.Л. Поддержка решений по расхождению с судами / Л.Л. Вагушенко. – Одесса: Феникс, 2010. – 229 с.
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. Бужбецкий Р.Ю. Совершенствование методов предупреждения столкновения судов с учетом особенностей их взаимодействия: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.13 / Бужбецкий Ростислав Юрьевич. – Одесса, 2016. – 223 с.
4. Булгаков А.Ю. Разработка метода выбора стратегии расхождения судов с использованием областей опасных курсов: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.13 / Булгаков Александр Юрьевич. – Одесса, 2016. – 256 с.
5. Бурмака А.И. Разработка метода выбора стратегии расхождения в ситуации чрезвычайного сближения судов: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.13 / Бурмака Алексей Игоревич. – Одесса, 2016. – 246 с.
6. Гриняк В.М. Разработка математических моделей обеспечения безопасности коллективного движения морских судов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.18 / Гриняк Виктор Михайлович. – Владивосток, 2016. – 297 с.
7. Астреин В.В. Методология анализа и синтеза сложных активных технических систем и ее реализация в системе безопасности судовождения: дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.01 / Астреин Вадим Викторович. – Краснодар, 2017. – 311 с.

8. Мальцев А.С. Маневрирование судов при расхождении / А.С. Мальцев. – Одесса: Морской тренажерный центр, 2005. – 208 с.
9. Шарлай Г.Н. МППСС-72 с комментариями [Текст] / Г.Н. Шарлай. – М.: МОРКНИГА, 2017. – 137 с.
10. Мухаметзянов И.З. Нечеткий логический вывод и нечеткий метод анализа иерархий в системах поддержки принятия решений: приложение к оценке надежности технических систем / И.З. Мухаметзянов // Кибернетика и программирование. – 2017. – № 2. – С. 59-77.
11. Яхьяева Г.Э. Основы теории нечетких множеств / Г.Э. Яхьяева. – М.: ИНТУИТ, 2016. – 187 с.
12. Вагущенко Л.Л. Системы автоматического управления движением судна / Л.Л. Вагущенко, Н.Н. Цымбал. – Одесса: Феникс, 2007. – 328 с.
13. Теоретический курс подготовки капитанов, старших помощников капитана и вахтенных помощников капитана. Ч 1. Судовождение. – Клайпеда: МТЦ Новиконтас, 2005. – 320 с.
14. Вагущенко Л.Л. Судовые навигационно-информационные системы [Текст] / Л.Л. Вагущенко. – Одесса: Феникс, 2004. – 302 с.

References

1. Vagushenko, L.L. (2010), “Podderzhka resheniy po raskhozhdeniyu s sudami” [Support for decisions on discrepancies with the courts], Phoenix, Odessa, 229 p.
2. Obertyur, K.L. (2015), “Povysheniye bezopasnosti ekspluatatsii sudov metodami upravleniya sobyitiyami: dysertatsiya” [Improving the safety of vessel operation with event management methods: dissertation], Odessa, 223 p.
3. Buzhbetsky, R.Y. (2016), “Sovershenstvovaniye metodov preduprezhdeniya stolknoveniya sudov s uchetom osobennostey ikh vzaimodeystviya: dysertatsiya” [Improving the methods of preventing collisions of ships, taking into account the peculiarities of their interaction: dissertation], Odessa, 223 p.
4. Bulgakov, A.Y. (2016), “Razrabotka metoda vybora strategii raskhozhdeniya sudov s ispol'zovaniyem oblastey opasnykh kursov: dysertatsiya” [Developing a method for choosing a divergence strategy using hazard areas: dissertation], Odessa, 256 p.
5. Burmaka, A.I. (2016), “Razrabotka metoda vybora strategii raskhozhdeniya v situatsii chrezvychaynogo sblizheniya sudov: dysertatsiya” [Development of a method for choosing a divergence strategy in a situation of emergency vessel convergence: dissertation], Odessa, 246 p.
6. Grinyak, V.M. (2016), “Razrabotka matematicheskikh modeley obespecheniya bezopasnosti kollektivnogo dvizheniya morskikh sudov: dysertatsiya” [Development of mathematical models to ensure the safety of the collective movement of ships: dissertation], Vladivostok, 297 p.
7. Astrain, V.V. (2017), “Metodologiya analiza i sinteza slozhnykh aktivnykh tekhnicheskikh sistem i yeye realizatsiya v sisteme bezopasnosti sudovozhdeniya: dysertatsiya” [Methodology of analysis and synthesis of complex active technical systems and its implementation in the navigation safety system: dissertation], Krasnodar, 311 p.
8. Maltsev, A.S. (2005), “Manevrirovaniye sudov pri raskhozhdenii” [Maneuvering ships in case of divergence], Marine Training Center, Odessa, 208 p.
9. Sharlai, G.N. (2017), “MPPSS-72 s kommentariyami” [COLREGS with comments], MORKNIGA, Moscow, 137 p.
10. Mukhametzyanov, I.Z. (2017), “Nechetkiy logicheskiy vyvod i nechetkiy metod analiza iyerarkhiy v sistemakh podderzhki prinyatiya resheniy: prilozheniye k otsenke nadezhnosti tekhnicheskikh sistem” [Fuzzy inference and fuzzy analysis of hierarchies in decision support systems: application to assess the reliability of technical systems], *Cybernetics and programming*, No. 2, pp. 59-77.
11. Yahyayeva, G.E. (2016), “Osnovy teorii nechetkikh mnozhestv” [Fundamentals of the theory of fuzzy sets], INTUIT, Moscow, 187 p.
12. Vagushenko, L.L. and Tsymbal, N.N. (2007), “Sistemy avtomaticheskogo upravleniya dvizheniyem sudna” [Automatic ship motion control systems], Phoenix, Odessa, 328 p.
13. International Training Center Novikontas (2005), “Teoreticheskiy kurs podgotovki kapitanov, starshikh pomoshchnikov kapitana i vakhtennykh pomoshchnikov kapitana. Chast 1 (Navigation)” [Theoretical training course for captains, senior captains and watch captains], Klaipeda, pp. 11-25.
14. Vagushenko, L.L. (2004), “Sudovyye navigatsionno-informatsionnyye sistemy” [Ship navigation information systems] Phoenix, Odessa, 302 p.

Надійшла до редколегії 3.04.2019

Схвалена до друку 21.05.2019

Відомості про автора:

Тимошук Олена Миколаївна
доктор технічних наук доцент
директор Київського інституту водного транспорту
ім. гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-3684-6182>

Information about the author:

Olena Tymoschuk
Doctor of Technical Sciences Associate Professor
Director of the Kyiv Institute of Water Transport
named after the Hetman Peter Konashevich-Sagaidachny,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-3684-6182>

МЕТОД ФОРМАЛИЗАЦИИ ЗНАНИЙ ОБ ОЦЕНКЕ ОБСТАНОВКИ СУДОВОДИТЕЛЕМ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ОПАСНОЙ СИТУАЦИИ СБЛИЖЕНИЯ (СТОЛКНОВЕНИЯ)

Е.Н. Тимошук

В статье рассматривается разработанный метод формализации знаний в процессе оценки обстановки в случае возникновения опасной ситуации столкновения (сближения) судов. По статистике аварии на воде из-за столкновений судов друг с другом или с другими навигационными объектами являются одними из основных. В свою очередь, интенсивность судоходства по водным путям мирового океана увеличивается с каждым годом. В этой ситуации требования безопасности повышаются при навигации, особенно в районах со сложными (сжатыми) условиями. Следовательно, при выборе грузоотправителя необходимо оценить большое количество информации. А поскольку большая часть входных данных доступна в форме интервальной оценки и лингвистических значений, а также отсутствия входных и выходных данных, свойства статической устойчивости определяют условия неопределенности. Поэтому для повышения эффективности и обоснованности принятия решений в случае возникновения опасной ситуации необходимо разработать новые подходы к разработке автоматизированных систем управления судами. Поскольку оценка ситуации является одним из первых этапов процесса принятия решений, качественное распознавание ситуации позволяет нам принять решение, которое максимально обеспечит безопасное движение судов по водным путям. Таким образом, чтобы обеспечить решения для маневрирования и дифференцирования судов при их сближении, необходимо заранее распознать опасную ситуацию. Разработанный метод позволяет обобщать его на основе полученной информации из различных источников и оценивать ситуацию на основе руководящих документов и личного опыта экспертов. Использование теории нечетких множеств и нечеткой логики, а также комбинированных моделей знаний для формализации процесса распознавания ситуации позволяет оперативно и разумно оценивать опасную ситуацию сближения (столкновения судов).

Ключевые слова: навигация, опасное сближение, нечеткие множества, столкновение судов, принятие решений, оценка ситуации.

METHOD OF FORMALIZATION OF KNOWLEDGE ABOUT ASSESSMENT OF VESSELS IN THE CASE OF THE DANGEROUS SITUATION OF APPEARANCE (CONCLUSION)

O. Tymoschuk

The article deals with the developed method of formalizing the task of situational analysis in the event of a dangerous situation of collision (collision) of courts. According to the accident statistics on water due to collisions of vessels with each other or with other navigational objects are one of the main. In turn, the intensity of navigation on the waterways of the world ocean increases with each passing year. In this situation, safety requirements are increasing when navigating, especially in areas with difficult (compressed) conditions. Consequently, when deciding on a shipper, it is necessary to evaluate a large amount of information. And since most of the input data is available in the form of interval-valuation and linguistic values, as well as the absence of input and output data, the properties of static stability determine the conditions of uncertainty. Therefore, in order to increase the efficiency and reasonableness of decision-making in the event of a dangerous situation, it is necessary to develop new approaches for the development of automated ship management systems. As the assessment of the situation is one of the first stages in the decision-making process, qualitative recognition of the situation allows us to make a solution that will maximally ensure the safe movement of vessels by waterways. Thus, in order to provide solutions for maneuvering and differentiation of vessels at their convergence, it is necessary to recognize the dangerous situation in advance. The developed method allows to summarize it on the basis of the received information from various sources and assess the situation on the basis of the guidance documents and the personal experience of experts. The use of the theory of fuzzy sets and fuzzy logic, as well as combined knowledge models for formalizing the process of recognizing a situation, allows operatively and reasonably to assess the dangerous situation of convergence (collision of vessels).

Keywords: navigation, dangerous convergence, fuzzy sets, collision of ships, decision-making, assessment of the situation.