

ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ СУЧАСНИХ ВИСОКОТОЧНИХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ РУХОМ МОРСЬКИХ СУДЕН

Бень А. П., к.т.н., доцент, проректор з науково-педагогічної роботи Херсонської державної морської академії, E-mail: a_ben@i.ua;

Паламарчук І. В., аспірант кафедри судноводіння та безпеки життєдіяльності Херсонської державної морської академії, E-mail: ihor3107@meta.ua

У статті розглядаються питання створення високоточних інтелектуальних систем управління рухом морських суден. Визначено ключові напрямки досліджень в даній галузі, показано вплив людського фактора на процеси прийняття рішень з управління судном. Важливою проблемою сьогодення є підвищення точності дотримання суднами планованої траєкторії руху. Наявність значної кількості морських аварій, що трапились останнім часом, у тому числі з значною кількістю людських жертв та тяжкими техногенними наслідками, головною причиною яких став «людський чинник» і відхилення переконливо свідчить про необхідність створення сучасних високоточних інтелектуальних систем управління рухом суден, що враховують особливості процесу взаємодії людини з технічними засобами судноводіння та прийняття нею рішень в складних навігаційних умовах та критичних ситуаціях. Розробка таких систем потребує врахування особливостей взаємодії людини з технічними засобами управління судном. Показано, що створення високоточної інтелектуальної системи управління рухом суден дозволить одночасно вирішувати комплекс задач з стратегічного та оперативного управління рухом судна з позицій досягнення завданого рівня безпечності та економічної ефективності. Головною ідеєю наукового дослідження є вивчення особливостей перебігу процесів формування та прийняття рішень судноводієм із метою вдосконалення процесу взаємодії судноводія з інформаційною навігаційною системою, підвищення якості рішень, які ним приймаються, та розробка новітніх підходів до побудови високоточних інтелектуальних систем управління рухом судна.

Визначено, що важливим напрямком подальших досліджень є вивчення впливу маневрених характеристик суден на процеси формування керуючих впливів в високоточних інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень судноводія.

Ключові слова: система підтримки прийняття рішень, інтелектуальна система управління рухом судна, людський фактор, управління судном, судноводіння.

Вступ. Розвиток сучасного судноплавства нерозривно пов'язаний із широким впровадженням нових інформаційних технологій, стрімким розвитком засобів супутникової навігації та електронних картографічних інформаційних та навігаційних систем. Існуючі на сьогодні розробки в галузі створення інформаційних систем управління рухом суден спрямовані в основному на розрахунок безпечних зон руху і не враховують впливу так званого «людського чинника» на процеси сприйняття інформації судноводієм, формування та прийняття ним рішень, а також загальної взаємодії всіх учасників навігаційної ситуації. Необхідність використання розумових здібностей судноводія призводить до затримки прийняття рішення, запізніле виконання якого ускладнює процес управління маневруванням, включаючи передаварійний стан. Важливою проблемою сьогодення є також підвищення точності дотримання суднами планованої траєкторії руху. Наявність значної кількості морських аварій, що трапились останнім часом, у тому числі з значною кількістю людських жертв та тяжкими техногенними наслідками, головною причиною яких став «людський чинник» і відхилення переконливо свідчить про необхідність створення сучасних високоточних інтелектуальних систем управління рухом суден, що враховують особливості процесу взаємодії людини з технічними засобами судноводіння та прийняття нею рішень у складних навігаційних умовах і критичних ситуаціях. Розробка таких систем є найважливішою проблемою сьогодення, що відноситься до питань безпеки сучасного суспільства.

Актуальність дослідження. За тематикою дослідження необхідно відзначити роботи [1, 2, 3], які присвячені питанням створення систем попередження зіткнення суден

та роботи [4, 5], що пов'язані з питаннями визначення безпечних маневрів судна та траєкторії його руху. У роботах [6, 7] розглядаються питання координації взаємодії суден під час розходження. Широке коло робіт зарубіжних авторів присвячено створенню систем уникнення зіткнень суден і систем підтримки рішень судноводія [8, 9]. Разом з тим, слід зазначити, що в наведених напрацюваннях створення високоточних інтелектуальних систем управління рухом судна у комплексі не розглядалося, і потребує подальшого розвитку та вдосконалення.

Розробка та впровадження нових високоточних інтелектуальних систем управління рухом суден дозволить істотно підвищити рівень безпеки сучасного судноплавства. Застосування засобів штучного інтелекту для моделювання навігаційних ситуацій, що склалися, забезпечить формування в реальному часі множини альтернатив можливих рішень судноводія з управління рухом судна, та вибір найбільш ефективних з них за критеріями гарантованої безпеки, часу виконання та економічності [10, 11]. Прикладний аспект дослідження полягає у розробці прототипів високоточної інтелектуальної системи управління рухом судна, що дозволить моделювати реальні навігаційні ситуації з метою формування та вибору найбільш ефективних рішень з управління судном. На даний час ця проблема остаточно ще не вирішена.

Постановка задачі. Метою дослідження є визначення базових принципів побудови інтелектуальних високоточних систем управління рухом суден.

Основна частина. На поточний момент часу авторами напрацьовано значний доробок у галузі створення інтелектуальних систем управління рухом суден. Проведенні дослідження дозволяють стверджувати, що проблема підвищення ефективності взаємодії людини з комп'ютеризованими системами управління є однією з актуальних проблем сьогодення, вирішення якої полягає в площині створення систем підтримки прийняття рішень судноводія. На базі сучасного тренажерного обладнання в Херсонській державній морській академії проводяться дослідження щодо впливу «людського фактору» на процеси прийняття рішень з управління судном.

Дослідження особливостей створення інтелектуальних високоточних систем управління рухом суден [10, 11, 12, 13] дозволило визначити, що прийняття рішень з управління судном вимагає врахування особливостей інформаційної взаємодії судноводія з технічними засобами, можливостей формування множини альтернатив управлінських рішень в режимі реального часу, можливості заповнення бази знань інтелектуальної системи одночасно кількома шляхами: експертного оцінювання, на підставі прийнятих раніше рішень у навігаційних ситуаціях, що мали місце, та на підставі процедур логічного висновку.

Головною ідеєю наукового дослідження є вивчення особливостей перебігу процесів формування та прийняття рішень судноводієм з метою вдосконалення процесу взаємодії судноводія з інформаційною навігаційною системою та підвищення якості рішень, які ним приймаються, та розробка новітніх підходів до побудови високоточних інтелектуальних систем управління рухом судна. Проведення дослідження базується на сучасних методах створення інтелектуальних систем в судноводінні [13, 14, 15].

Створення високоточної інтелектуальної системи управління рухом морських суден потребує застосування на методів штучного інтелекту, багатокритеріальної оптимізації, та теорії прийняття рішень, із застосуванням яких розроблено:

- методи та алгоритми визначення найбільш безпечної траєкторії руху судна в ситуації можливого зіткнення;
- моделі розрахунку траєкторій руху суден, що маневрують, відповідно до вимог МППЗС-72;
- методи визначення рівня небезпеки навігаційної ситуації, що склалася;
- методологію визначення полюсу повороту судна й очікуваної траєкторії його руху.

Особливістю інтелектуальної системи, що створюється, є застосування комбінованого підходу до формування бази знань на основі процедур експертного оцінювання, сценарно-прецедентного підходу та логічного висновку.

За результатами проведених досліджень було визначено наступні концептуальні засади до побудови систем підтримки прийняття рішень в судноводінні:

1. База знань СППР повинна містити та накопичувати інформацію за трьома напрямками: декларативна інформація, що регламентує законодавчу базу управління процесами розходження суден (МППЗС-72), експертна інформація – формалізовані знання експертів у предметній галузі – досвідчених судноводіїв, та база прецедентів – інформація стосовно розвитку подій в навігаційних ситуаціях, що вже мали місце в минулому.

2. СППР судноводія повинна будуватися на принципах моделювання руху суден, що мають цілеспрямовану поведінку, направлену на уникнення зіткнення та виконання вимог Міжнародних правил попередження зіткнень суден (МППЗС-72) під час руху. Необхідна наявність засобів прогнозування розвитку навігаційної ситуації та візуального подання такого прогнозу.

3. Математичні моделі, що застосовуються в СППР судноводія, повинні відповідати вимогам адекватності, ненадлишковості та технічної здійсненності – перспективним є поєднання моделей, що базуються на принципах штучного інтелекту з математичними моделями, які описують процеси руху суден.

4. Функціонування інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень судноводія в здійснюється режимі в реальному часу, що вимагає їх інтеграції з наявними на судні засобами контролю руху та навігаційної ситуації.

5. Форми відображення інформації в інтелектуальних системах управління рухом судна повинні забезпечувати її швидке сприйняття та високий рівень усвідомлення судноводієм, тому при візуалізації навігаційних ситуацій є доцільним застосування методів когнітивної графіки.

6. Необхідно забезпечити можливість інформаційної взаємодії між береговими системами управління рухом та інтелектуальними системами управління рухом суден, що обумовлює необхідність розробки уніфікованих протоколів обміну інформацією в таких системах.

Слід зазначити, що важливою відмінною рисою дослідження є застосування системного підходу до проблем вибору оптимальної траєкторії руху судна та врахування особливостей процесу взаємодії «оператор – комп'ютеризована система» в інтелектуальних системах управління рухом суден.

Було визначено, що таким системам притаманний ряд специфічних рис, обумовлених галуззю їх практичного застосування, які мають бути враховані у процесі їх створення та експлуатації, а саме:

– функціонування в режимі реального часу накладає певні часові обмеження на процеси оцінювання навігаційної ситуації, формування множини можливих альтернатив з прийняття рішень, та надання відповідної інформації особі, що приймає рішення (ОПР);

– множина альтернатив із прийняття рішень, що формує система підтримки прийняття рішень (СППР), повинна відповідати вимогам, визначених в міжнародних нормативних документах, які регламентують рух суден, принципам «доброї морської практики» та досвіду ОПР, що складно формалізувати у вигляді математичних моделей;

– процес взаємодії автоматизованих систем управління з ОПР має циклічний характер: «формування інформаційного повідомлення – сприйняття інформації – оброблення інформації та прийняття рішень – здійснення керуючих дій», більша частка часу в якому припадає на бік ОПР;

– приймаючи до уваги той факт, що кількість інформації, що необхідна оцінювання навігаційної ситуації значна, а ОПР має певні фізіологічні обмеження на обсяги інформаційних повідомлень, що можуть сприйнятися ним одночасно, важливе

значення набуває ефективна комунікативна взаємодія між членами команди навігаційного містка.

З урахуванням вищезазначених особливостей створення інтелектуальних систем управління рухом морських суден у результаті проведення наукового дослідження розроблено:

1. Модель контролю за рухом судна, що враховує його маневрові характеристики, особливості району плавання та поточної навігаційної ситуації.
 2. Методологію оцінювання рівня небезпеки навігаційної ситуації, що склалася.
 3. Методику визначення множини припустимих рішень з управління рухом суден в районі маневрування з урахуванням обмежень МППЗС-72.
 4. Методологію інтеграції розроблених методів і алгоритмів у єдину високоточну інтелектуальну систему управління рухом суден.
 5. Критерії оцінювання ефективності функціонування розробленої системи.
- Прикладними здобутками проведеного наукового дослідження стали:
- прикладний метод визначення оптимальної траєкторії руху суден у ситуації можливого зіткнення;
 - база даних навігаційних ситуацій і прецедентів (найбільш успішно вживаних рішень судноводіїв), що мали місце в минулому;
 - методика оцінювання якості прийнятого рішення з управління рухом судна за критеріями безпечності та економічної ефективності;
 - прототип програмного забезпечення високоточної інтелектуальної системи управління рухом суден.

Створена інтелектуальна високоточна система управління рухом суден забезпечує моделювання реальних навігаційних ситуацій з метою формування та вибору найбільш ефективних рішень з управління судном у надзвичайних ситуаціях. Це дозволяє одночасно вирішувати комплекс задач із високоточного управління рухом судна з позицій досягнення завданого рівня безпечності й економічної ефективності. На основі проведених досліджень запропоновані нові методи побудови інтелектуальних систем управління рухом суден адаптовані до вимог електронної навігації (E-navigation) та чинного законодавства в галузі судноплавства.

У прикладному плані робота спрямована на створення програмного продукту, застосування якого дозволить вирішити важливе науково-прикладне завдання в галузі інформаційних технологій в судноводінні – підвищення безпеки управління суднами за рахунок впровадження новітніх інформаційних технологій, що забезпечить зниження аварійності на морському транспорті та збереження людських життів.

Висновки. В умовах інтенсивного застосування сучасних інформаційних технологій у судноводінні розробка та створення сучасних високоточних інтелектуальних систем управління рухом морських суден являє собою актуальну наукову і практичну задачу сьогодення. Розробка таких систем потребує врахування особливостей взаємодії людини з технічними засобами управління судном. Створення високоточної інтелектуальної управління рухом суден дозволить одночасно вирішувати комплекс задач з стратегічного та оперативного управління рухом судна з позицій досягнення завданого рівня безпечності та економічної ефективності.

Напрацювання, які були отримані під час виконання наукових досліджень, можуть бути використані в системах контролю руху морських суден, автоматизованих системах управління рухом безпілотних плавальних засобів.

Важливим напрямком подальших досліджень є вивчення впливу маневрених характеристик суден на процеси формування керуючих впливів в високоточних інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень судноводія.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Вагущенко Л. Л. Современные информационные технологии в судовождении / Л. Л. Вагущенко. – Одесса : ОНМА, 2013. – 135 с.
2. Вагущенко Л. Л. Расхождение с судами смещением на параллельную линию пути. Монография / Л. Л. Вагущенко. – Одесса : Фенікс, 2013. – 180 с.
3. Вагущенко Л. Л. Алгоритм выработки рекомендаций по расхождению с судами / Л. Л. Вагущенко // Судовождение : сб. науч. трудов ОНМА. – Одесса : ИздатИнформ, 2012. – Вып. 21 – С. 42–50.
4. Алексишин А. В. Расчет граничных пеленгов к зонам безопасности судов / А. В. Алексишин // Науковий вісник Херсонської державної морської академії : науковий журнал. – Херсон : Видавництво ХДМА, 2012. – № 2 (7). – С. 8–15.
5. Алексишин А. В. Выявление ситуаций опасного сближения судов с помощью граничных пеленгов в автоматизированных комплексах судовождения / А. В. Алексишин // Проблеми техніки : науково- виробничий журнал ОНМУ. – Одесса, 2013. – № 1. – С. 117–123.
6. Цымбал Н. Н. Основные принципы учета навигационных опасностей различных типов при расхождении судов / Н. Н. Цымбал, Е. А. Петриченко // Судовождение : сб. науч. трудов ОНМА. – Одесса : ИздатИнформ, 2011. – Вып. 20. – С. 238–242.
7. Цымбал Н. Н. Гибкие стратегии расхождения судов / Н. Н. Цымбал, И. А. Бурмака, Е. Е. Тюпиков – Одесса : КП ОГТ, 2007. – 424 с.
8. Bi X.Y., Liu X.J. (2015) Research on Double Collision Avoidance Mechanism of Ships at Sea. *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, Vol. 9, No. 1, pp. 13-16.
9. Lisowski J. (2014) Game Strategies of Ship in the Collision Situations. *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, Vol. 8, No. 1, pp. 69-77.
10. Бень А. П. Методы оценки опасности траектории движения судов в системах поддержки принятия решений / А. П. Бень // Вестник ХНТУ: сб. науч. трудов Херсонского национального технического университета. – 2009. – Вып. 1 (34). – С. 429–433.
11. Бень А. П. Принципи побудови систем підтримки прийняття рішень судноводія / Бень А. П. // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2010) : матеріали другої науково-практичної конференції (Херсон, 25–27 травня 2010 р.). – Херсон : Видавництво ХДМІ, 2010. – Т. 1. – С. 8–11.
12. Мальцев А. С. Интеллектуальные гибридные системы поддержки принятия решений при расхождении судов / А. С. Мальцев // Судовождение : сб. науч. трудов ОНМА. – Одесса : ИздатИнформ, 2006. – Вып. 11. – С. 74–86.
13. Мальцев А. С. Методологические основы маневрирования судов при сближении / [А. С. Мальцев, В. В. Голиков, И. В. Сафин, В. В. Мамонтов]. – Одесса : ИздатИнформ, 2013. – 221 с.
14. Патент на корисну модель UA № 97227, МПК (2015.01) G08G, 3/00. Пристрій для інформаційного забезпечення процесу управління судном / О. М. Товстокорій, С. Е. Мальцев, А. П. Бень. – Зареєстрований в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 10.03.2015.
15. Патент на корисну модель UA № 100293, МПК (2015.01) G08G, 3/00. Спосіб інформаційного забезпечення процесу управління судном / О. М. Товстокорій, С. Е. Мальцев, А. П. Бень. – Зареєстрований в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 27.07.2015.

REFERENCES

1. Vaguthenko L. L. (2013). *Sovremenniye informacionniye tekhnologii v sudovozhdenii*. Odessa : ONMA.

2. Vaguthenko L. L. (2013). *Raskhozhdenie s sudami smetheniem na paralleljnyu liniyu puti*. Odessa : Feniks.
3. Vaguthenko L. L. (2012). Algoritm vihrabotki rekomendacij po raskhozhdeniyu s sudami. *Sudovozhdenie : sb. nauch. trudov ONMA*. Odessa : IzdatInform, 21, 42–50.
4. Aleksishin A. V. (2012). Raschet granichnikh pelengov k zonam bezopasnosti sudov. *Naukoviyj visnik Khersonskoj derzhavnoj morskoi akademii : naukoviyj zhurnal. Kherson : Vidavnictvo KhDMA, № 2 (7)*, 8–15.
5. Aleksishin A. V. (2013). Vihyavlenie situacij opasnogo sblizheniya sudov s pomothju granichnikh pelengov v avtomatizirovannih kompleksakh sudovozhdeniya *Problemi tekhniki : naukovo- virobnichiyj zhurnal ONMU*. Odessa, 1, 117–123.
6. Cihmbal N. N. & Petrichenko E. A. (2011). Osnovnihe principih ucheta navigacionnih opasnostey razlichnikh tipov pri raskhozhdenii sudov. *Sudovozhdenie : sb. nauch. trudov ONMA*. Odessa : IzdatInform, 20, 238–242.
7. Cihmbal N. N., Burmaka I. A. & Tyupikov E. E. (2007). *Gibkie strategii raskhozhdeniya sudov*. Odessa : KP OGT.
8. Bi X.Y. & Liu X.J. (2015). Research on Double Collision Avoidance Mechanism of Ships at Sea. *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 9, No. 1, 13-16.
9. Lisowski J. (2014). Game Strategies of Ship in the Collision Situations. *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 8, No. 1, 69-77.
10. Benj A. P. (2009). Metodih ocenki opasnosti traektorii dvizheniya sudov v sistemakh podderzhki prinyatiya resheniyj. *Vestnik KhNTU: sb. nauch. trudov Khersonskogo nacionaljnogo tekhnicheskogo universiteta*, 1 (34), 429–433.
11. Benj A. P. (2010). Principi pobudovi sistem pidtrimki priyinyattya rishenj sudnovodiya. *Suchasni informacijni ta innovacijni tekhnologii na transporti (MINTT-2010) : materialy drugoi naukovo-praktichnoi konferencii*. Kherson : Vidavnictvo KhDMI, 8–11.
12. Maltsev A. S. (2006). Intellektualnihe gibridnihe sistemih podderzhki prinyatiya resheniyj pri raskhozhdenii sudov. *Sudovozhdenie : sb. nauchn. trudov ONMA*, 11, 74–86.
13. Maltsev A. S., Golikov V. V., Safin I. V. & Mamontov V. V. (2013). *Metodologicheskie osnovnih manevrirovaniya sudov pri sblizhenii*. Odessa : IzdatInform.
14. Patent na korisnu modelj UA № 97227, MPK (2015.01) G08G, 3/00. Pristriyj dlya informacijnogo zabezpechennya procesu upravlinnya sudnom / O. M. Tovstokorijj, S. E. Maljcev, A. P. Ben. – Zareestrovaniyj v Derzhavnomu reestri patentiv Ukraini na korisni modeli 10.03.2015.
15. Patent na korisnu modelj UA № 100293, MPK (2015.01) G08G, 3/00. Sposib informacijnogo zabezpechennya procesu upravlinnya sudnom / O. M. Tovstokorijj, S. E. Maljcev, A. P. Ben. – Zareestrovaniyj v Derzhavnomu reestri patentiv Ukraini na korisni modeli 27.07.2015.

Бень А. П., Паламарчук И. В. ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ВЫСОКОТОЧНЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ СУДНА

В статье рассматриваются вопросы создания высокоточных интеллектуальных систем управления движением морских судов. Определены ключевые направления исследований в данной области, показано влияние человеческого фактора на процессы принятия решений по управлению судном. Важной проблемой сегодняшнего дня является повышение точности соблюдения судами планируемой траектории движения. Наличие значительного количества морских аварий, произошедших в последнее время, в том числе с большим количеством человеческих жертв и тяжёлыми техногенными последствиями, главной причиной которых стал «человеческий фактор» и отклонения убедительно свидетельствует о необходимости создания современных высокоточных интеллектуальных систем управления движением судов, учитывающие особенности процесса взаимодействия человека с техническими средствами судовождения и принятия им решений в сложных навигационных условиях и критических ситуациях. Разработка таких систем требует учета особенностей взаимодействия человека с техническими средствами управления судном. Показано, что создание высокоточной интеллектуальной системы управления

движением судов позволит одновременно решать комплекс задач по стратегическому и оперативному управлению движением судна с позиций достижения требуемого уровня безопасности и экономической эффективности. Главной идеей научного исследования является изучение особенностей протекания процессов формирования и принятия решений судоводителем с целью совершенствования процесса взаимодействия судоводителя с информационной навигационной системой, повышение качества решений, принимаемых им, и разработка новых подходов к построению высокоточных интеллектуальных систем управления движением судна. Определено, что важным направлением дальнейших исследований является изучение влияния маневренных характеристик судов на процессы формирования управляющих воздействий в высокоточных интеллектуальных системах поддержки принятия решений судоводителя.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений, интеллектуальная система управления движением судна, человеческий фактор, управление судном, судовождение.

Ben A. P., Palamarchuk I. V. FEATURES OF THE CONSTRUCTION OF MODERN HIGH-PRECISION INTELLIGENT VESSEL TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEMS

The article deals with the creation of intellectual traffic control system ships. The key areas of research in this field, the influence of the human factor in decision-making processes of ships control. An important issue today is to increase the accuracy of compliance by ships planned trajectory. The presence of a significant number of maritime accidents which occurred recently, including a large number of casualties and severe technological implications, the main cause of which was the «human factor» and reject clearly demonstrates the need for a modern high-precision intelligent systems ship traffic control, taking into account features the process of human interaction with technical means of navigation and adoption of its decisions in difficult navigation conditions and critical situations. Development of such systems requires taking into account the features of human interaction with technical facilities ship control. It is shown that the creation of intellectual traffic ship control system will ship simultaneously solve complex problems of strategic and operational management positions with the movement of vehicles to achieve the objectives of safety and economic efficiency. The main idea of research is to study the features of the processes of formation and decision-making skippers to improve the process of interaction skippers with information navigation, improving the quality of decisions, which he accepted, and the development of new approaches to building intelligent systems precision motion control ships.

Determined that an important area of future research is to study the impact of maneuvering characteristics of ships on the development of control actions in precision intelligent decision support systems navigators.

Keywords: decision support system, intelligent system ship control system, ship control, human factor, navigation.

© Бень А. П., Паламарчук І. В.

Статтю прийнято
до редакції 14.06.16