

КОНЦЕПЦІЯ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ МАНЕВРОМ СУДНА У КАНАЛАХ

Петровский А. В., к.т.н., доцент Херсонської державної морської академії;

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

Ляшенко В. Г., старший викладач кафедри управління судном Херсонської державної морської академії;

Паламарчук І. В., аспірант Херсонської державної морської академії

У статті розглянуті проблеми і складнощі при здійсненні маневрів, зокрема, повороту при проходженні каналів. Багатофакторність впливів зовнішнього середовища обумовлює складність сприйняття і своєчасного адекватного аналізу ситуації під час здійснення маневру повороту. Розглянуті в роботі новітні розробки систем управління не дозволяють з достатнім ступенем адекватності моделювати рух судна в каналі, і як наслідок – відсутність гарантії утримання судна на спланованій ECDIS траєкторії проходження фарватеру. Запропоновано концепцію побудови системи підтримки прийняття рішення для оптимального вибору варіанта управління маневром судна при проходженні каналів. Основою такої системи повинна стати база знань (БЗ) з правилами подібності умов проходження поворотів у каналах для коректного вибору з розробленою структурою даних для управляючих впливів як серед готових правильних рішень, так і помилкових, для надання оператору всіх альтернатив, їх кінцевого результату і можливості запису нового варіанту вирішення. Також увагу приділено структурі даних зовнішніх умов. Запропоновано пошук блочного типу в базі даних умов (БД) для зниження тимчасових витрат. Подальше наповнення БД і уточнення правил подібності БЗ дозволить знизити залежність безпеки проходження каналів від людського фактора.

Ключові слова: рух судна в каналі, маневри судна, оптимальні рішення.

Вступ. Останній час бурхливими темпами розроблюються бортові системи управління рухом судна. Різноманітність використаних прийомів моделювання доказує велику складність моделювання предметної області та недостатню адекватність існуючих систем управління маневрами судна. Більшість наукових робіт пов'язана із побудовою математичних моделей руху судна. У роботах [1, 2] наведено огляд традиційних і розроблені нові математичні моделі, що становлять методологічну основу предметної області забезпечення безпеки колективного руху суден. Складність математичного моделювання руху судна в умовах хвилювання показово продемонстровано у роботах [3, 4], а особливості при здійсненні маневру у стиснених умовах – у [5, 6]. При проходженні каналів, операцій швартування, виникла потреба щодо моделювання руху судна в умовах спланованого дрейфу. Побудовані математичні моделі програвання розвитку ситуації в умовах координованого дрейфу [7] дозволяють їх використання як окремі модулі системи управління судном. Найбільш цікаве застосування керованого дрейфу маневрування при точному позиціонуванні судів, при маневруванні з заданим законом зміни курсу, наприклад, при обгинанні берегової лінії або в вузкостях. Технічним результатом розробленої системи визначення гідродинамічних коефіцієнтів математичної моделі руху судна [8] є: створення високоточної математичної моделі руху судна, параметри якої уточнюються в процесі рейсу судна; підвищення якості автоматичного управління рухом; підвищення безпеки провідки судна в вузкостях. Також цікавими до розгляду є способи: визначення параметрів математичної моделі руху судна [9], який заснований на використанні електронної моделі руху судна та спосіб управління рухом судна за широтою та довготою [10]. Останній при використанні в якості навігаційної інформації широт і довгот підвищує точність управління рухом як в просторі, так і в часі. Розроблений спосіб управління рухом судна з компенсацією повільно мінливих збурень [11] більш адекватно по суті описує ситуацію, яка може виникати при проходженні каналів, оскільки швидкість судів значно менше ніж у відкритому морі і більшість параметрів впливу на рух судна змінюють свої значення поступово (однак це більш справедливо для широких фарватерів). При використанні способу управління рухом судна по заданій траєкторії [12] через

фіксовані інтервали часу формують модуль першої різниці поточної широти судна і широти «попередження» точки повороту судна і модуль другої різниці поточної довготи судна і довготи «попередження» точки повороту судна.

Серед найсучасніших систем управління можна відмітити інтелектуальні системи, де як модель об'єкта управління використовують нейромережеву модель об'єкта управління. Для настройки параметрів алгоритмами нечіткої логіки отримують і ідентифікують дані руху судна по курсу і дані керуючих дій, визначають дані критеріальних ознак руху судна та обирають нейромережеву модель об'єкта управління.

Однак всі вище перелічені системи управління мають поряд з перевагами суттєві недоліки: визначення прогнозної траєкторії руху досить приблизне, позиціонування судна за допомогою GPS у каналах не є точним, також сучасні СУДС позиціонують судно з точністю 10–20 м, що у деяких випадках є критичним (наприклад, при проходженні каналів з досить вузьким фарватером).

Актуальність. Множинність факторів, що впливають на маневри судна, ускладнює коректний аналіз і вироблення оптимального рішення:

- течії з обох бортів судна можуть бути різними у разі зміщення фарватеру до однієї зі сторін каналу;
- течія на закруті сильніше, ніж в протилежному боці каналу;
- осадка судна;
- глибина під кілем;
- відстань від фарватеру до берегів каналу;
- наявність хвилювання;
- швидкість судна;
- чи є зміщення центру мас;
- довжина судна;
- поворотність судна і т.д.

Саме тому поєднання всіх цих факторів не в змозі оцінити адекватно сучасні ПД.

Всі розглянуті системи управління, у тому числі зі штучним інтелектом, мають недолік: вони оцінюють статус судна по міделю, тому знос корми або носу при проходженні каналів не своєчасно буде визначено системою управління. Тобто можна зробити висновок: з урахуванням вказаних недоліків, розрахункові дані бортових систем управління або передані дані СУДС для позиціонування судна в каналі не є достовірними у певний період часу, що дозволяє стверджувати про необхідність подальшого розвитку таких систем управління та більш точнішого позиціонування судна. Альтернативним варіантом може бути також система зі штучним інтелектом на базі правил логічного виводу з більш точнішою системою позиціонування діаметральної лінії судна відносно фарватеру.

Постановка задачі. Необхідно побудувати окремий модуль загальної системи підтримки прийняття рішень (СППР) [13], яка дозволить для оператора візуально відображати всі ефективні можливі наслідки запропонованих рішень, при цьому у разі переключення на ручний режим управління відображати й всі можливі негативні наслідки. Також додатково система повинна у динамічному режимі відслідковувати дії оператора та відображати наслідки у разі позитивного пошуку серед подібних ситуацій результатів таких дій. Такий побудований модуль загальної СППР повинен мати можливість оновлення БД управляючих впливів та розширення БЗ правил подібності.

Основна частина. Запропоноване рішення передбачає включення роботи модуля по досягненню судном контрольної точки перед початком маневру (наприклад, перед поворотом) і вимикається автоматично після завершення маневру. Завершення маневру оцінюється по стабілізації курсу в контрольній точці каналу. Є російські розробки, у яких берегові СУДС можуть отримати точне положення судна в повороті каналу завдяки гідроакустичним датчикам, підключеним до неї і розташованих в небезпечних місцях повороту каналу. Гідроакустичні датчики точно позиціонують ніс і корму судна (а не по міделю) в фарватері.

У такому разі отримані дані СУДС може передати СППР, яка надасть їх виконуючому проводку судна модулю. Він, в свою чергу, порівнюючи ці дані з бортовим GPS, оцінює стан судна, при цьому більшу довіру для нього матимуть дані СУДС, також модуль зможе контролювати бортовий GPS даними від системи позиціонування СУДС. У разі великої розбіжності - сигнал небезпеки в ECDIS.

Таким чином місце функціонування модулю на загальній схемі СППР (N) представлено на рис. 1.

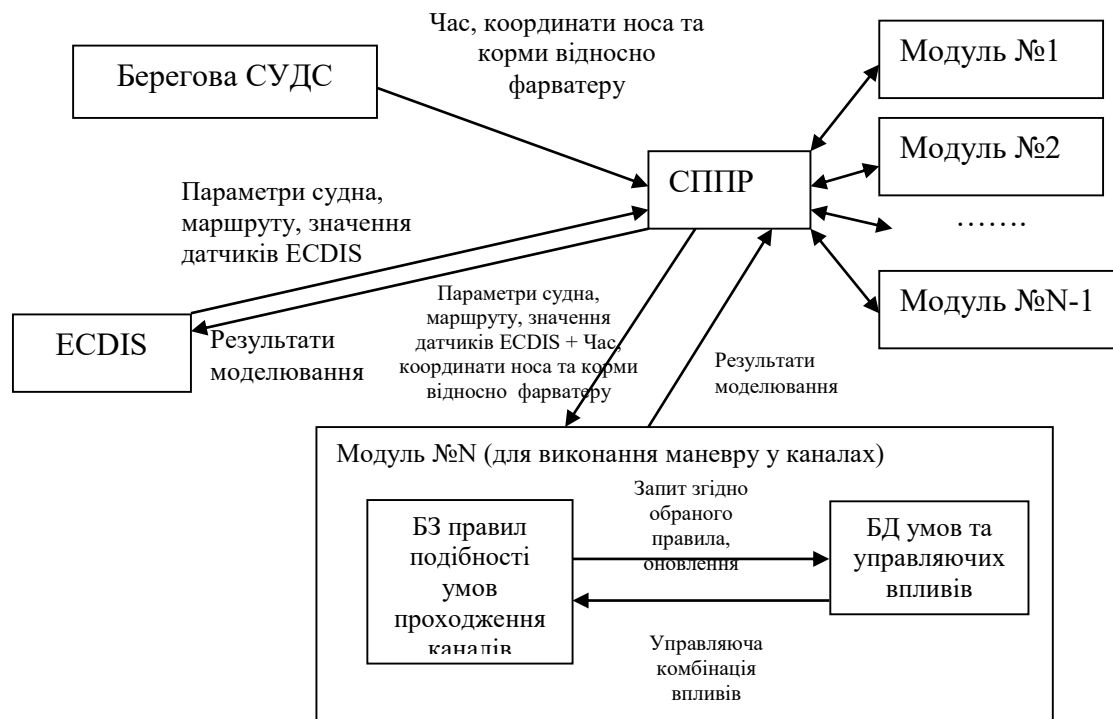


Рисунок 1 – Схема функціонування запропонованого модулю у складі СППР

БД складається з векторів даних аналогічних або дуже близьких до умов даної ситуації з відповідними методами впливу з контролю за спланованою траєкторією маневру по алгоритмам, що оптимізують цей час вибірки (табл. 1).

БД містить матрицю умов і матрицю впливів. Остання формується спочатку за спостереженнями експертів (це може бути капітанська рада та / або представники розробленої СУДС для місцевого застосування), потім, можна додавати альтернативні управляючі впливи в разі вдалого завершення маневру у ручному режимі з аналогічними умовами для його проведення. Кожна матриця при цьому може мати блочну структуру (згідно прикладу градації табл.1), дані в яку заносяться за умовами: кут повороту каналу, ширина фарватеру і т.д. Блочність необхідна для зниження часу пошуку необхідних умов як для вибірки впливу, так і для подальшого запису результату маневру. Реалізується принцип матрьошки. Ознаками початку і закінчення кожного блоку може бути будь-який маркер або умова визначення початку і кінця блоку. Тобто така структура буде порівнянна з роботою жорсткого диска з системою позиціонування головок, замість послідовного доступу, як наприклад, в інтерфейсі USB. Поряд з цим можна вести БД протилежної спрямованості, наприклад, історію невдалих маневрів при аналогічних умовах. Таким чином оператор зможе одночасно переглянути вдалі і невдалі результати для прийняття оптимального вибору. Кінцевою метою розробки такої системи управління є графічне відтворення списку вдалих маневрів в ECDIS для кожного повороту в обраному каналі.

Таблиця 1 – Приклад структури даних

Діапазони швидкості судна	Поворот ($G_1..G_2$) ⁰													
	Ширина фарватеру ($b_0..b_1$).....													
	Проти течії							За течією						
	$(V_{T1}.. V_{T2}]$							$(V_{T2}.. V_{T3}]$...	$(V_{Tn-1}.. V_{Tn}]$	$(V_{T1}.. V_{T2}]$	$(V_{T2}.. V_{T3}]$...	$(V_{Tn-1}.. V_{Tn}]$
	Напрямок вітру													
	1	2	3	4	5	6	1	2						
	Коефіцієнт поворотності													
$k_1..k_2$	$k_2..k_3$...	$k_{m-1}..k_m$											
$(V_{c1}..V_{c2}]$														
$(V_{c2}..V_{c3}]$														
...														
$(V_{cp-1}..V_{cp}]$														

Кожна ситуація з обраного блоку умов має свою інтегровану ступінь приналежності до поточної ситуації. Кожен параметр має свій ступінь впливу на знесення судна з траєкторії. Чим більше таких відмінних від поточних значень параметрів тим менше значення інтегрованої функції приналежності. Правило визначення значення ступеня приналежності можливо за математичними моделями (сила течії, сила вітру і напрямки і т.д.). Правило визначення аналогічної ситуації, якщо точно такій комбінації умов в БД немає, формується згідно БЗ:

$(G_1..G_2)^0$ – перший діапазон градусів вугла повороту. Далі формування діапазону градусів формується згідно ще однієї БД всіх існуючих каналів, як джерело даних, де можливе проходження для даного типу судна. Шаг дискретизації є суто експериментальним, який можна визначати за методом експертного оцінювання;

$(b_1..b_2]$ - перший діапазон ширини фарватеру, м (принцип подальшого ділення на діапазони такий самий);

$(V_{T1}.. V_{T2}]$ - перший діапазон швидкості течії (у разі проходження проти течії необхідно вводити від'ємні значення);

1...6 – всі можливі напрямки вітру (1 – крутий бейдевінд (30°–45°), 2 – повний бейдевінд (45°–75°), 3 – гальфвінд (навколо 90°), 4 – бакштаг (110°–160°), 5 – фордевінд (160°- 200°), 6 – левентик (по 30° на кожен борт);

$k_1..k_2$ – перший діапазон коефіцієнтів поворотності (інтегральний показник, який можна порахувати у відкритій воді з використанням нейромережевої технології);

$(V_{c1}..V_{c2}]$ – перший діапазон власної швидкості судна відносно води.

Всі інші показники: розташування руля та кількість гвинтів, розміри та конфігурація руля, коефіцієнт загальної повноти, співвідношення швидкості судна і вітру, його напрямок, диферент, крен, наявність активних рулів, наявність роздільних поворотних насадок для двогвинтових суден, відношення осадки судна до його довжини, відношення ширини до осадки, курсові кути вітрових хвиль - також приймають участь у формуванні БД. Частку з них можливо визначити з таблиць технічних характеристик судна або розрахувати, а форму корми, носових утворень судна - замінити інтегральним коефіцієнтом.

Діапазони всіх параметрів у стовпчиках в залежності від кута повороту, обраного за маршрутом, отриманого від ECDIS, можуть бути більш детальними (це залежить також від ширини фарватеру, при якій є потреба відповісти на питання: наскільки критичним є зміна того чи іншого параметру). Кожен діапазон будь-якого параметру - це майбутні значення області розсуду лінгвістичних змінних.

Подалі формують БЗ з правил подібності за допомогою експертів.

Висновки. Розроблено концепцію створення та структуру додаткового програмного модулю для загальної СПІР [13], функцією якого є провідка судна у каналах при

здійсненні маневру повороту. Подальшим розвитком є побудова правил подібності для наповнення БЗ, детальна проробка методу блочного пошуку та визначення даних для заповнення БД. Оскільки дані будуть інтервального типу то передбачається використання апарату нечіткої логіки. Альтернативою правил подібності може бути застосування методу аналізу ієрархій за значеннями інтегральних ступенів приналежності умов. У цьому випадку кінцевий варіант (аналог «подібного»), з максимальним підсумковим значенням, є оптимальним.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гриняк, В.М. Математические модели и методы обеспечения навигационной безопасности коллективного движения судов: монография / В.М. Гриняк. – Владивосток: ВГУЭС, 2015. – 180 с.
2. А. А. Александров. Справочник по управлению кораблем [Электронный ресурс] / А. П. Броневицкий, В. А. Кузнецов, Г. М. Кузнецов, А. Б. Орлов. – Москва: Военное издательство Министерства обороны СССР, – 1974. – Режим доступа: <https://flot.com/publications/books/shelf/conning/37.htm>
3. Чижиумов С. Д. Основы динамики судов на волнении: учеб. пособие / С. Д. Чижиумов. – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КнАГТУ», 2010. – 110 с.
4. Юдин Ю.И. Математические модели плоскопараллельного движения судна. Классификация и критический анализ / Ю.И. Юдин, И.И. Сотников. – Мурманск: МГТУ, 2006. – 95с.
5. Абдуллаева З.М. Результаты моделирования движения судна на мелководье / З.М. Абдуллаева, Г.К. Асланов, М.Л. Яхьяев // Вестник ДГТУ. – 2015. - №1(36). – С.45-53.
6. Пазынич А.И. Математическое моделирование маневрирования методом управляемого дрейфа / А.И. Пазынич, С.Н. Кузьменко, А.С. Кузьменко // Transport business in Russia. – 2015. – №5. – С.153-157.
7. Патент России 2537080, Система определения гидродинамических коэффициентов математической модели движения судна / Тарасов Н.Н. Острецов Г.Э.
8. Патент России 2197016, Способ определения параметров математической модели движения судна / Острецов Г.Э., Клячко Л.М.
9. Патент России 2516885, Способ управления движением судна по широте и долготе / Острецов Г.Э., Памухин В.Ю.
10. Патент России 2492105, Способ управления движением судна с компенсацией медленно меняющихся возмущений / Тарасов Н.Н. Острецов Г.Э.
11. Патент России 2465169, Способ управления движением судна по заданной траектории / Дорри М.Х., Острецов Г.Э., Роцин А.А.
12. Патент России 2519315, Способ автоматического управления судном по курсу и интеллектуальная система для осуществления способа / Седова Н.А.
13. Бень А.П. Принципы построения систем поддержки принятия решения судоводителя в рамках концепции e-navigation / А.П. Бень, И.В. Паламарчук – Науковий вісник ХДМА. – №2(13). – 2015. – С. 19-24.

REFERENCES

1. Griynyak V.M. Matematicheskie modeli s metodi opredeleniya navigatsionnoy bezopasnosti kolektivnogo dvijeniya sudov monografiya / V.M. Grinyak. – Vladivostok : VGUES 2015. – 180 s.
2. А. А. Aleksandrov. Spravochnik po upravleniyu korablem [Elektronnii resurs] / А. P. Bronevickii V. A Kuznecov G. M. Kuznecov A. B. Orlov. – Moskva Voennoe izdatelstvo Ministerstva Oboroni SSSR – 1974. – Rejim dostupu_ <https://flot.com/publications/books/shelf/conning/37.htm>
3. Chijiumov S. D. Osnovy dinamiki sudov na volnenii: ucheb. posobie / S. D. Chijiumov. – Komsomolsk-na-Amure: GOUVPO «KnAGTU», 2010. – 110 s.
4. Iudin Iu.I. Matematicheskie modeli ploskoparallelnogo dvijeniia sudna. Klassifikatsiia i kriticheskii analiz / Iu.I. Iudin, I.I. Sotnikov. – Murmansk: MGTU, 2006. – 95s.

5. Abdullaeva Z.M. Rezultaty modelirovaniia dvijeniia sudna na melkovode / Z.M. Abdullaeva, G.K. Aslanov, M.L. Iahiaev // Vestnik DGTU. – 2015. - №1(36). – S.45-53.
6. Pazynich A.I. Matematicheskoe modelirovanie manevrirovaniia metodom upravliaemogo dreifa / A.I. Pazynich, S.N. Kuzmenko, A.S. Kuzmenko // Transport business in Russia. – 2015. - №5. – S.153-157.
7. Patent Rossii 2537080, Sistema opredeleniia gidrodinamicheskikh koeffitsientov matematicheskoi modeli dvijeniia sudna / Tarasov N.N. Ostretsov G.E.
8. Patent Rossii 2197016, Sposob opredeleniia parametrov matematicheskoi modeli dvijeniia sudna / Ostretsov G.E., Kliachko L.M.
9. Patent Rossii 2516885, Sposob upravleniia dvijeniem sudna po shirote i dolgote / Ostretsov G.E., Pamuhin V.Iu.
10. Patent Rossii 2492105, Sposob upravleniia dvijeniem sudna s kompensatsiei medlenno meniaiuihsia vozmuenii / Tarasov N.N. Ostretsov G.E.
11. Patent Rossii 2465169, Sposob upravleniia dvijeniem sudna po zadannoi traektorii / Dorri M.H., Ostretsov G.E., Roin A.A.
12. Patent Rossii 2519315, Sposob avtomaticheskogo upravleniia sudnom po kursu i intellektualnaia sistema dlia osuestvleniia sposoba / Sedova N.A.
13. Ben A.P. Printsipi postroeniia sistem podderjki priniatii resheniia sudovoditelia v ramkah kontseptsii e-navigation / A.P. Ben, I.V. Palamarchyk - Naukovii visnik HDMA. – № 2 (13). – 2015. – S. 19-24.

Петровский А. В., Бень А. П., Ляшенко В. Г., Паламарчук И. В. КОНЦЕПЦИЯ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ МАНЕВРОМ СУДНА В КАНАЛАХ
В статье рассмотрены проблемы и сложности при осуществлении маневров, в частности, поворота при прохождении каналов. Многофакторность влияний внешней среды обуславливает сложность восприятия и своевременного адекватного анализа ситуации во время осуществления маневра поворота. Рассмотренные в работе новейшие разработки систем управления не позволяют с достаточной степенью адекватности моделировать движение судна в канале, и как следствие – отсутствие гарантии удержания судна на спланированной ECDIS траектории прохождения фарватере. Предложена концепция построения системы поддержки принятия решения для оптимального выбора варианта управления маневром судна при прохождении каналов. Основой такой системы должна стать база знаний (БЗ) с правилами подобия условий прохождения поворотов канала для корректного выбора из разработанной структуры данных для управляющих воздействий как среди готовых правильных решений, так и ошибочных, для предоставления оператору всех альтернатив, их конечного результата и возможности записи нового варианта решения. Также внимание уделено структуре данных внешних условий. Предложен поиск блочного типа в базе данных (БД) для снижения временных затрат. Дальнейшее наполнение БД и уточнения правил подобия БЗ позволит снизить зависимость безопасности прохождения каналов от человеческого фактора.

Petrovskii A. V., Benj A. P., Lyashenko V. G., Palamarchuk I. V. CONCEPT OF THE DECISION SUPPORT SYSTEM FOR CONTROL BY THE VESSEL MANEUVER IN CHANNELS

The article discusses the problems and difficulties in the implementation of maneuvers, in particular, turning during movement of channels. The multifactorial nature of the external environment influences the complexity of perception and timely adequate analysis of the situation during the implementation of the turn maneuver. The newest developments of control systems considered in the article do not allow modeling the ship's movement in the canal with sufficient degree of adequacy, and as a result - there is no guarantee of keeping the vessel on the fairway trajectory planned by ECDIS. The concept of constructing a decision support system for the optimal choice of the maneuver control option for the movement of channels is proposed. The basis of such a system should be the knowledge base (KB) with the rules for the similarity of the conditions for the movement of channel turns for the correct choice of the developed data structure for control actions, both among the ready correct solutions and erroneous ones, to provide the operator with all the alternatives, their final result and the possibility of recording a new version of the solution. Attention is also turned to the structure of these external conditions. A search for a block type in a database (DB) is proposed to reduce time costs. Further filling the database and clarifying the rules of similarity of the KB will reduce the dependence of the security of the movement of channels on the human factor.

© Петровський А. В., Бень А. П., Ляшенко В. Г., Паламарчук І. В.

Статтю прийнято
до редакції 26.05.18