

Левченко О. В.

СИНТЕЗ ВАРІАНТІВ ДІЙ СУДНОВОДІЯ У НЕБЕЗПЕЧНИХ СИТУАЦІЯХ З УРАХУВАННЯМ ЧАСОВИХ ТА РЕСУРСНИХ ОБМЕЖЕНЬ У СУДНОВИХ СППР

У статті розглядається можливість вироблення можливих варіантів дій судноводія в небезпечній ситуації з урахуванням наявних ресурсних та часових обмежень у засобах автоматизації систем управління рухом судна. Зазначені особливості управління судном у небезпечній ситуації зближення (зіткнення) визначають наявність суперечностей між вимогами оперативності прийняття рішення судноводієм з одного боку, та можливостями їх вирішення – з іншого. Найбільш дієвим способом вирішення цієї суперечності є автоматизація процесів управління. Зараз не викликає сумніву той факт, що облік та аналіз великої кількості різноманітних даних, виконання громіздких розрахунків можливі лише при використанні обчислювальних та інших засобів автоматизації. Відповідно, наведено синтез варіантів рішень у системі управління рухом судна з врахуванням обмежень по дистанції та часу зіткнення. Проведений аналіз можливості досягнення множини цілей управління по ресурсам і часу на стрічковій діаграмі та методами мережного планування та управління. Розроблений метод дозволяє модифікувати рекомендований варіант рішення таким чином, щоб для нього можна було сформулювати принаймні один реалізований варіант дій судноводія, що можна реалізувати в умовах наявних обмежень. При цьому варіант розвитку ситуації (відповідно до навігаційної обстановки) визначається існуючим запасом часу у судноводія. Якщо процесі вироблення рішень для деякого варіанта розвитку ситуації не вдається сформулювати жодного реалізованого варіанта дій судноводія, то досягнення цілей управління у цій ситуації неможливо. У цьому випадку аналізований варіант розвитку ситуації потребує уточнення. Наведений приклад фрагменту графу варіанту досягнення цілей, що відображає процес вирішення задачі у системі управління рухом судна. Розглянуто метод, що дозволяє синтезувати нездійсненні плани реалізації. Висновки. Розроблений метод синтезу можливих варіантів рішень дозволяє сформулювати в реальному масштабі часу для кожного варіанту розвитку ситуації множини варіантів досягнення дій судноводія, якщо вони існують.

Ключові слова: судно, судноводій, ситуація небезпечного зближення, навігаційна обстановка, ергатична система, людський фактор.

Постановка проблеми. Однією з основних завдань систем управління рухом судна є аналіз навігаційної обстановки, що склалася, синтез і видача судноводію можливих варіантів дій які необхідно здійснити для запобігання ситуації небезпечного зближення (зіткнення) (досягнення актуальних цілей управління).

При побудові можливих варіантів дій в небезпечній ситуації, судноводію потрібно враховувати не тільки, можливість досягнення цілі, а й існуючі обмеження ресурсу часу виконання маневру судном. Тому необхідна розробка відповідного методу, що дозволяє як побудувати можливі шляхи досягнення необхідних цілей управління, і також виконувати аналіз можливості реалізації з урахуванням ресурсних та часових обмежень. Таким чином, методи системи цільових установок можуть бути використані в СУРС для аналізу можливості досягнення цілей управління відповідно до наявного ресурсів та часу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У межах математичного апарату системи цільових установок можливі синтезувати можливі підходи досягнення цілей, які представлені у вигляді мережевих моделей. Це необхідно враховувати при виборі методу, що використовується для перевірки реалізованості різних варіантів ресурсів і часу. Аналіз можливості досягнення множини цілей управління судном фактично зводиться до завдання розподілу наявних ресурсів часу та дистанції для деякої послідовності дій. У роботах [1, 2, 3] запропоновано здійснювати аналіз можливості досягнення множини цільових станів за ресурсами та часом безпосередньо на стрічковій діаграмі Ганта. Однак, всі методи планування та управління, засновані на використанні таких діаграм, мають ряд серйозних недоліків, які не дозволяють їх застосовувати для вирішення завдань управління в системах реального часу. Найбільш суттєвими є такі [4, 5, 6]:

- використовувані стрічкові діаграми не відображають всієї складності аналізованих процесів і не дозволяють уявити різні взаємозв'язки між окремими діями (роботами);
- невідповідність цих методів планування та управління різноманіттю аналізованих робіт призводить до збільшення часу реалізації варіанта вирішення. Причому найчастіше це не тому, що спочатку встановлені терміни розраховані неправильно, а через неузгодженість окремих робіт між собою;
- ці методи не враховують існуючу невизначеність, властиву будь-якому реальному процесу управління бойовими діями;
- дуже обмежені можливості прогнозування виконання комплексу робіт, що ускладнює вибір правильного рішення під час розподілу ресурсів системи;
- ці методи не дозволяють здійснювати оперативне коригування плану реалізації комплексу робіт.

Таким чином, розглянуті методи, засновані на стрічкових діаграмах, не застосовні для вирішення задачі розподілу ресурсів у системах управління реального часу, що зумовлює необхідність використання інших методів для вирішення даного завдання.

В даний час для вирішення завдань подібного класу найбільш добре розроблені методи планування та управління мережами. Вони мають ряд переваг, серед яких найбільш істотними, стосовно вирішуваного завдання, є такі [7,8]:

1. Методи системи цільових установок дають можливість найбільш ефективного використання наявних ресурсів та виконання комплексу робіт у найкоротші терміни.
2. Дозволяють встановити послідовність та терміни використання обмеженого запасу ресурсів протягом усього періоду досягнення поставлених цілей управління.
3. Дозволяють повніше враховувати рівень взаємозв'язку, інтеграції планів, які включають великі комплекси робіт.
4. Полегшують розподіл ресурсів у часі між найважливішими і щодо менш важливими діями.
5. Придатні обробки інформації з допомогою ЕОМ.
6. Дозволяють запобігти пропуску дій, об'єктивно необхідних для досягнення цілей управління.
7. Роблять можливим оцінку та передбачення наслідків тих чи інших змін порядку виконання робіт та дозволяють обчислити тимчасові характеристики робіт.
8. Дозволяють виявити галузі потенційних труднощів, вказують місця, де потрібні запобіжні дії або покращення організації робіт.
9. Забезпечують наочне та зручне для сприйняття користувачів уявлення комплексу робіт, як загалом, так і по його частинах.
10. Час, необхідний аналіз мережевої моделі і розподіл ресурсів із її використанням під час вирішення завдань великої розмірності набагато менше, ніж час необхідне вирішення цього завдання іншими методами (наприклад, методами математичного програмування).

Мета дослідження полягає в підвищенні оперативності та обґрунтованості прийняття рішення судноводієм для забезпечення безпеки судноводіння.

Основні результати дослідження. Загалом, виходячи з аналізу інформації про навігаційну обстановку, що отримується з судових джерел інформації, неможливо точно прогнозувати розвиток ситуації в умовах небезпечного зближення (зіткнення). Це зумовлено невизначеністю маневру судна-небезпеки (СН) та наявністю впливу випадкових зовнішніх факторів морської обстановки. Тому необхідно визначити деякі варіанти розвитку ситуації, відповідають послідовності дій судноводія у небезпечній ситуації.

Варіант розвитку ситуації (ВРС) – це спосіб досягнення визначеної цілі управління, що розглядається через наявність дій з невизначеним результатом (тобто наявність вершин-розгалужень в узагальненій мережевій моделі). Загальна кількість ВРС обмежена кількістю та структурою вершин-розгалужень узагальненої мережевої моделі [9]. Кожному ВРС відповідає деяким кінцевий варіант дій судноводія (ВДС), що характеризують можливість вибору різних дій щодо виконання маневру для досягнення цілей управління судном в небезпечних ситуаціях. Тому, ВДС пов'язані з наявністю вершини диз'юнктивного типу в узагальненій моделі мережі. ВДС характеризується планом, який визначає послідовність виконання судноводієм та екіпажом дій, узгоджених за часом, щодо виконання необхідного маневру судна для запобігання виникненню небезпечної ситуації зближення (зіткнення). Вибраний план дій має задовольняти наявному ресурсу безпечного часу, дистанції та маневреним характеристикам судна. Звідси випливає, що ВДС реалізується, якщо виконуються наступні умови:

1. Зберігається послідовність та терміни виконання плану (тобто жодна дія не починається раніше ніж завершується попередня).
2. Використання ресурсів не перевищує наявний ліміт.
3. План ВДС виконується в кінцевий термін, який не перевищує безпечного часу виконання маневру ухилення від перешкоди t_{\min}^{den} .

Рекомендованим варіантом рішення для судноводія (РВС), розуміється один з ВДС, що може бути реалізований наявним ресурсом часу та дистанції для маневру. ВДС можна вважати допустимий, якщо в даній ситуації судноводій має достатній резерв ресурсів, необхідних для здійснення управління судном в небезпечній ситуації.

Оскільки неможливо заздалегідь знати, який варіант ситуації матиме розвиток в умовах небезпечної обстановки, то цілі управління судном будуть повністю досягнуті, якщо всі можливі ВРС ведуть до запобігання небезпечного зближення (зіткнення). Системи управління рухом судна (СУРС) працюють в режимі реального часу, де однією з основних вимог є оперативність обробки інформації та видачі рекомендацій щодо підтримки прийняття рішення судноводієм. Тому необхідно оцінити можливість вирішення завдання в повному обсязі в межах встановлених термінів.

У той же час, загальний час, необхідний для синтезу та аналізу всіх ВДС, може бути оцінений за такою формулою:

$$t_{np} = \sum_{i=1}^{N_{врс}} (N_{вдс} \cdot t_{обр}^{cp}), \quad (1)$$

де $N_{врс}$ – кількість ВРС;

$N_{вдс}$ – кількість можливих ВДС;

$t_{обр}^{cp}$ – середній час, потрібний на синтез й аналіз одного ВДС.

Загалом, кількість ВРС визначається сумою та структурою (кількість альтернативних зв'язків) вершин-розгалужень, а відповідно до цього можна розрахувати за такою формулою:

$$N_{epc} = \prod_{l=1}^L \sum_{j=1}^{N_{pr}} (d_j - m), \quad (2)$$

де L – кількість вихідних вершин-розгалужувачів. При цьому вважається, що вершина, що розглядається, є вихідною, якщо на шляху від безлічі початкових умов до цієї вершини немає жодної іншої вершини-розгалужувача.

N_{pr} – сумарна кількість вершин-розгалужувачів, які знаходяться на шляху від g -тої вихідної вершини-розгалужувача до безлічі вершин, що мають максимальний рівень ієрархії (кінцевих вершин ОСМ);

d_j – кількість альтернативних відносин j -тої вершини-розгалужувача;

m – змінна, що приймає значення 0, якщо вершина-розгалужувач є вихідною, і 1 в іншому випадку.

Аналогічним чином, значення величини $N_{одс}$ визначається сумою та структурою (кількість вхідних дуг) диз'юнктивних вершин фрагмента мережевої моделі, що відповідає i -му ВРС, і розраховується за формулою:

$$N_{одс} = \prod_{j=1}^J \sum_{k=1}^{N_{ог}^j} (h_k - 1), \quad (3)$$

де J – количество исходных диз'юнктивных вершин. Считается, что рассматриваемая вершина является исходной, если на пути от этой вершины до множества конечных вершин ОСМ нет ни одной другой вершины диз'юнктивного типа.

$N_{ог}^j$ – суммарное количество диз'юнктивных вершин, которые находятся на пути от b -той исходной вершины диз'юнктивного типа до множества вершин НУ ОСМ;

h_k – количество дуг входящих в s -тую диз'юнктивную вершину;

В роботах [10,11,12] визначається порядок вироблення рішень судноводієм в процесі управління рухом судна, залежно від ситуації, яка розвивається в заданих умовах морської обстановки. Відповідно, синтез альтернативних варіантів рішень, з урахуванням ресурсних обмежень, включає:

1. Корегування оцінок умов обстановки з урахуванням стану судна та ознак ситуації.

В першу чергу уточняється умови ситуації, що склалася в даний момент часу аналізуючи отриманий набір початкових ознак. Після цього виконується усікання узагальненої мережевої моделі на основі поточної ситуації. На цьому етапі виключаються з подальшого розгляду рішення, що не відповідають початковим умовам. Результати виконання обраного ВДС стають початковими умовами для наступного вироблення ВРС, досягнення якого можливе в майбутньому (з урахуванням динаміки зміни обстановки). У [13] було показано, що виключення альтернатив не призведе до появи некоректності, тому

немає необхідності аналізувати повноту та узгодженість усіченої узагальненої мережевої моделі.

2. Синтез можливих варіантів розвитку ситуації. На цьому етапі визначаються всі можливі варіанти розвитку ситуації, виходячи з нової структури узагальненої мережевої моделі. Розподіл всіх можливих варіантів розвитку ситуації на графі узагальненої мережевої моделі, доцільно виконувати "знизу вгору". Це дозволить найбільш просто підкреслити випадки альтернативного розгалуження графа з мінімальною кількістю операцій, що виконуються. Оскільки наявність варіантів розвитку ситуації обумовлено лише вершин-розгалужень, для виділення цих варіантів можна визначити, що при русі по узагальненій мережевій моделі "знизу вгору", виникає вершина-розгалуження, то кількість ВРС буде дорівнювати кількості виходів даної вершини, а гілка нижче буде присутня (бути загальним) у кожному з цих варіантів.

3. Аналіз можливості запобігання небезпечному зближенню (зіткненню) в повному обсязі за наявний час та у відповідності до наявного ресурсу.

На цьому етапі визначається можливість синтезу та аналізу всіх варіантів дій судноводія у певний період часу. При цьому середній час аналізу $t_{обр}^{cp}$ всіх ВРС можна оцінити відповідно до виразу (1). Якщо t_{np} перевищує значення часу, відведений для прийняття рішення, то частина варіантів рішень, виключається з подальшого розгляду.

4. Синтез та аналіз реалізації РВС для всіх сформованих ВРС. Синтез РВС здійснюється для кожного конструктивного варіанту окремо. У той же час, розподіл всіх можливих РВС є доцільним проводити "зверху вниз", у цьому випадку найбільш просто виділяють випадки розгалуження графу. Порядок розподілу РВС на графі проводиться наступним чином, якщо вершина диз'юнктивного типу, кількість варіантів у списку всіх можливих буде дорівнювати сукупності вершин, які складають достатні умови для досягнення вершин всіх можливих ВДС. Після цього виконується аналіз реалізації синтезованого ВДС. Якщо існує декілька можливих варіантів рішень, що відповідає одному ВРС, вибір раціонального варіанту виконується на основі узагальнених показників якості управління.

5. Визначення ситуації, для якої не може бути утворено принаймні одного варіанту РВС, щодо уникнення небезпечної ситуації.

Якщо існує такий ВРС при якому неможливо вироблення, то реалізація ВДС у сформульованій ранній формі неможлива. У цьому випадку завдання, що відповідає одноразовій композиції та запас ресурсів, повинна бути сформульована відповідним регулюванням узагальненої мережевої моделі.

Ряд робіт було присвячено розробці та реалізації окремих етапів процедури синтезу можливих рішень у засобах автоматизації в системах управління судном [14,15,16]. Однак розроблені методи аналізу ВРС з урахуванням часових обмежень, не дозволяють розподіл ресурсів для завдань які містять велику кількість ознак в режимі реального часу, а також не враховують невизначеність вихідних даних. Визначення коректності СВР здійснюється на підставі результатів аналізу відповідності щодо наявних ресурсів та часу.

Особливість представлення ВДС узагальненою мережевою моделлю має відповідати:

1. Чітко визначеній послідовності ВДС.
2. Мережева модель, що відповідає ВДС, містить лише вершини кон'юнкції.
3. Дуги мережевої моделі відображають послідовність ВДС.

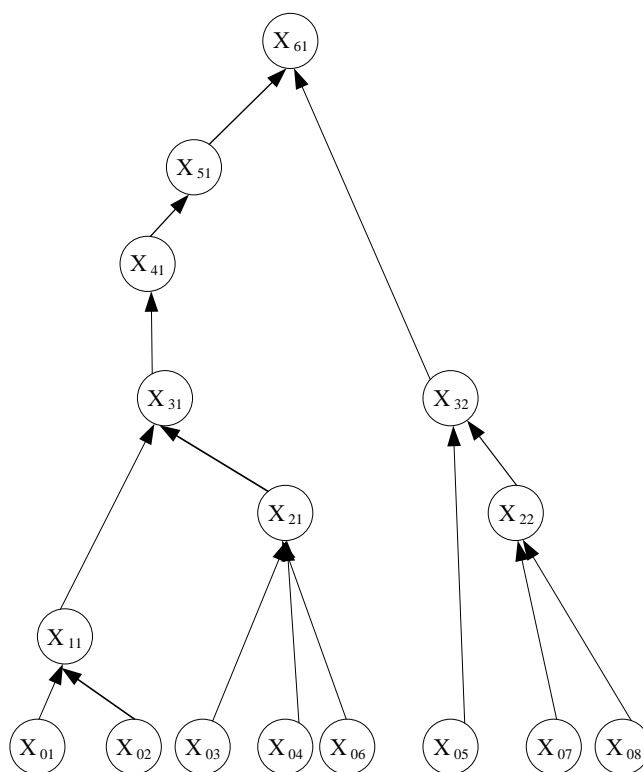


Рисунок 1 – Приклад фрагмента графу ВДС, що відображає процес вирішення задачі запобігання ситуації зіткнення навігаційною перешкодою

4. Кожній дії відповідає певна кількість ресурсів, які можуть бути використані для здійснення цієї дії та часовий інтервал, необхідний для його виконання. Часовий інтервал визначається початковими умовами обстановки.

З кожною дією судноводія пов'язані дії, які повинні бути завершені до їх початку. Якщо це багато порожніх, то робота називається джерелом. Крім того, ідентифікуються багато творів, які безпосередньо дотримуються цієї роботи. Якщо ця множина порожня, то дія називається початковою. Елементи цих множин визначають послідовність виконання дій та залежать від структури графу ВДС.

В ситуації небезпечного зближення (зіткнення) судноводій має деяку множину ресурсів для виконання дій.

Приклад фрагмента графу ВДС, що відображає процес вирішення задачі запобігання ситуації зіткнення навігаційною перешкодою в ході проходження вузькостей, наведено на рис.1. Семантична інтерпретація вершин розглянутого графу ВДС наведена у табл.1.

У загальному випадку, завдання аналізу реалізованості СВР можна сформулювати наступним чином: скласти здійснений план реалізації ВДС за відповідних обмежень на час досягнення поставлених цілей управління та запас ресурсів, що є у розпорядженні.

Час використання ресурсу (час виконання дії) визначається типом ресурсу, маневреними характеристиками судна та набором вихідних параметрів для вирішення завдання розподілу ресурсів (такими як характеристики навігаційної небезпеки, географічне розташування ресурсу тощо).

Визначення часу виконання дійсних робіт та часу очікування має явно виражений розрахунковий характер, тому їх обчислення доцільно здійснювати за допомогою спеціально розроблених розрахункових процедур.

Таблиця 1 – Семантична інтерпретація вершин розглянутого графа ВДС

Значення	Семантична інтерпретація вершин
X ₀₁	Погана видимість
X ₀₂	Стиснені умови плавання
X ₀₃	Лінійне прискорення судна
X ₀₄	Кутове прискорення судна
X ₀₅	Випадкове збурення, яке впливають на судно
X ₀₆	Ймовірність, характеризуюча вплив чинників на габарити суднового ходу протяг даної ділянки
X ₀₇	Ймовірність, характеризуюча зміну інформаційного складу навігаційного простору ділянки водних шляхів.
X ₀₈	Інформація про маневрені можливості власного судна
X ₁₁	Виявлена навігаційна перешкода
X ₂₁	Віддана команда на початок маневру
X ₂₂	Виконується маневр розходження з навігаційною перешкодою
X ₃₁	Стан судна
X ₃₂	Навігаційна перешкода
X ₄₁	Ймовірність виникнення ситуації ризику явища
X ₅₁	можливість проводки суден в межах рекомендованого суднового ходу
X ₆₁	Запобігання небезпечній ситуації зближення (зіткнення)

У загальному випадку час реалізації робіт, які необхідно виконати для досягнення поставленої мети управління, може бути заданий точковим значенням або інтервалом можливих значень. Насамперед розглянемо порядок аналізу реалізованості ВДЦ у разі, якщо всі значення часів виконання робіт задані лише точковими значеннями, а потім розкриємо особливості аналізу реалізованості у загальному випадку.

Висновки. При синтезі ВДС в СУРС необхідно враховувати як можливість досягнення поставлених цілей управління, а й існуючі обмеження кількості використання ресурсів та час виконання маневру. Тому необхідна розробка методу, що дозволяє як побудувати можливі шляхи досягнення цілей, а й здійснити їх аналіз реалізованості з урахуванням існуючих обмежень. У загальному випадку, виходячи з аналізу інформації, яка характеризує навігаційну обстановку, що склалася, і використовується судноводієм у процесі вироблення рішень неможливо однозначно визначити, як надалі розвиватиметься ситуація. Варіант розвитку обстановки вважається коректним у цій ситуації, якщо для нього можна сформулювати хоча б один варіант досягнення цілей, що реалізується за ресурсами та часом. Розроблений метод синтезу можливих варіантів рішень дозволяє сформулювати в реальному масштабі часу для кожного варіанта розвитку обстановки множини реалізованих варіантів досягнення цілей управління судном (варіантів розподілу ресурсів), якщо вони існують. При цьому враховується той факт, що вихідні дані для розрахунків можуть бути як у вигляді точкових значень, так і у вигляді інтервалів можливих значень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Bondy J. A., Murty U. S. R. Graph Theory. San Francisco : Springer, 2008. 655 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-84628-970-5>

2. Себряков Г.Г. Моделирование деятельности человека-оператора в полуавтоматических системах управления динамическими объектами / Г.Г. Себряков // Мехатроника, автоматизация, управление. – № 4. – 2010. – С.17 – 29.
3. Шептуха Ю. М. К вопросу синтеза эргатической системы принятия решений о маневре безопасного расхождения судов / Ю.М. Шептуха // Кибернетика и вычислительная техника. – № 84. – 1989. – С. 43-45.
4. Смоленцев С.В. Человеческий фактор и пути обеспечения безопасности мореплавания с использованием динамических семантических сетей / С. В. Смоленцев // Морские информационные технологии. – С.Пб.: Элмор, 2002. –Вып.2. – С. 4-8.
5. 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.
6. Бень А.П. Принципи побудови систем підтримки прийняття рішень судноводія / А.П. Бень // Матеріали другої науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2010)» (25–27 травня 2010 р., Херсон, ХДМІ.) – Т.1. – С. 8–10.
7. Мальцев А.С. Интеллектуальные гибридные системы поддержки принятия решений при расхождении судов / А.С. Мальцев // Судовождение : Сб. научн. Трудов / ОНМА, Вып. 11. – Одесса : ИздатИнформ, 2006. – С. 74-86
8. Цымбал Н.Н., Бужбецкий Р.Ю. Учет ограничений МППСС–72 при выборе маневра расхождения судов / Н.Н. Цымбал // Судовождение. – Вып. 11. – 2006. – С. 134-138.
9. Бурмака И.А. Поликритериальное управление процессомс удовождения / И.А. Бурмака, С.А. Дудник // Судовождение. – Вып. 12. – 2006 – С. 26-30.
10. Ермаков С. В. Управление риском чрезвычайных ситуаций на основе прогнозирования и минимизации влияния человеческого фактора на навигационную безопасность плавания судна : дис. ... кандидата техн. наук 05.26.02 / Ермаков Сергей Владимирович . Калининград, 2018. – 208 с.
11. Борсук С. П. Ергономічні основи проактивної кваліметрії закономірностей прояву людського чинника в аеронавігаційних системах : дис. ... кандидата техн. наук 05.01.04 / Борсук Сергій Павлович. Харків, 2019. – 378 с.
12. Тихонов І. В. Методологічні основи поліергатичного забезпечення навігації та управління рухом водних транспортних засобів (цільова технологія безпеки) : дис. ... кандидата техн. наук 05.22.13 / Тихонов Ілля Валентинович. Київ, 2018. – 441 с.
13. Смоленцев С. В. Автоматический синтез решений по расхождению судов в море / С. В. Смоленцев // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. – 2016. – № 2 (38). – С. 7–15.
14. Пипченко А.Д. Анализ аварийности мирового флота 2005-2015 / А.Д. Пипченко // Судовождение. – 2017. – Вып.27. – С. 159-168.
15. Вагущенко Л. Л. Поддержка решений по расхождению с судами / Л.Л. Вагущенко Одесса: Феникс, 2010. – 229 с.
16. Астреин В. В. Методология анализа и синтеза сложных активных технических систем и ее реализация в системе безопасности судовождения: дис. ... доктора техн. наук : 05.13.01 / Астреин Вадим Викторович. Краснодар, 2017. – 311 с.

REFERENCES

1. Bondy J. A., Murty U. S. R. Graph Theory. San Francisco : Springer, 2008. 655 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-84628-970-5>

2. Sebryakov, G.G. (2010) Modeling human operator activity in semi-automatic control systems for dynamic objects. *Mechatronics, automation, management*. № 4. P.17 – 29.
3. Sheptukha, Yu. M. (1989) On the synthesis of an ergatic system for making decisions on the maneuver of safe separation of ships... *Cybernetics and Computing*. № 8. P. 43-45.
4. Smolentsev, S.V. (2002) The human factor and ways to ensure the safety of navigation using dynamic semantic networks. *Marine information technology*. Vol. 2. P. 4-8.
5. Ben, A.P. (2009) Methods for assessing the hazard of the trajectory of the movement of ships in decision support systems. *Bulletin of KhNTU: Sat. scientific. Proceedings of the Kherson National Technical University*. Vol. 1 (34). P. 429-433.
6. Ben, A.P. (2010) Principles of Incentive Systems for Acceptance of Shipbuilding Solutions Materials of another scientific-practical conference "Current information and innovation technologies in transport (MINTT-2010)». Vol. 1. P. 8–10.
7. Maltsev, A.S. (2006) Intelligent Hybrid Decision Support Systems. *Navigation: Sat. Scientific proceedings ONMA*, Vol. 11. P. 74-86
8. Tsymbal, N.N. Buzhbetsky, R.Yu. (2006) Taking into account the limitations of the COLREGs-72 when choosing the ship-to-pass maneuver. *Navigation*. Vol. 11. P. 134-138.
9. Burmaka, I.A. (2006) Polycriteria process control with satisfaction. *Navigation*. – Vol. 12. P. 26-30.
10. Ermakov S.V. (2018) Emergency risk management based on forecasting and minimizing the influence of the human factor on the navigational safety of a vessel's navigation: PhD thesis, Kaliningrad, 208 p.
11. Borsuk, S.P. Ergonomic fundamentals of proactive qualitometry of regularities to show a human official in aeronautical systems: PhD thesis, Kharkiv, 378 p.
12. Tikhonov, I. N. (2018) Methodological bases of polyergic safety of navigation and management of water transport facilities (central technology of safety) : PhD thesis, Kiyv, 441 p.
13. Smolentsev, S.V. (2016) Automatic synthesis of solutions for diverging vessels at sea. *Bulletin of the State University of Maritime and River Fleet named after Admiral S.O. Makarov*. № 2 (38). P. 7–15.
14. Pipchenko, A.D. (2017) Analysis of the accident rate of the world fleet 2005-2015. *Navigation*. Vol. 27. P. 159-168.
15. Vagushchenko, L.L. (2010) Support for decisions on disagreement with courts. 229 p.
16. Astrein, V.V. (2017), Methodology of analysis and synthesis of complex active technical systems and its implementation in the navigation safety : PhD thesis, , Krasnodar, 311 p.

Levchenko O.

SYNTHESIS OF VESSELS 'OPTIONS IN DANGEROUS SITUATIONS TAKING INTO ACCOUNT TIME AND RESOURCE RESTRICTIONS IN VESSEL DSS

The article considers the possibility of developing possible options for the actions of the driver in a dangerous situation, taking into account the available resource and time constraints in the means of automation of ship traffic control systems. These features of ship management in a dangerous situation of convergence (collision) determine the presence of contradictions between the requirements of efficiency of decision-making by the driver on the one hand, and the possibility of resolving them - on the other. The most effective way to resolve this contradiction is to automate management processes. Now there is no doubt that the accounting and analysis of a large number of different data, the implementation of cumbersome calculations are possible only with the use of computing and other automation tools. Accordingly, a synthesis of solutions in the ship's traffic control system is given, taking into account the limitations on the distance and time of the collision. The analysis of possibility of achievement of set of purposes of management on resources and time on the tape diagram and methods of network planning and management is

carried out. The developed method allows to modify the recommended variant of the decision so that for it it was possible to form at least one realized variant of actions of the driver which can be realized in the conditions of existing restrictions. Thus the variant of the developed situation (according to a navigational situation) is defined by an existing reserve of time at the driver. If in the process of making decisions for some variant of the situation it is not possible to form any realized variant of the driver's actions, then it is impossible to achieve the management goals in this situation. In this case, the analyzed version of the situation needs to be clarified. An example of a fragment of the graph of the option to achieve the goals, which reflects the process of solving the problem in the control system of the ship. The method that allows to synthesize unfeasible implementation plans is considered. Conclusions. The developed method of synthesis of possible solutions allows to form in real time for each variant of development of a set of options of achievement of actions of the driver if they exist.

Key words: ship, navigator, situation of dangerous rapprochement, navigation situation, ergatic system, human factor.

Левченко О.

СИНТЕЗ ВАРИАНТОВ ДЕЙСТВИЙ СУДОВОДИТЕЛЯ В ОПАСНЫХ СИТУАЦИЯХ С ТРИСТИРОВАНИЕМ ВРЕМЕННЫХ И РЕСУРСНЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ В СУДОВЫХ СППР

В статье рассматривается возможность разработки возможных вариантов действий судоводителя в опасной ситуации с учетом имеющихся ресурсных и временных ограничений в средствах автоматизации систем управления движением судна. Указанные особенности управления судном в опасной ситуации сближения (столкновения) определяют наличие противоречий между требованиями оперативности принятия решения с одной стороны, и возможностями их решения – с другой. Наиболее действенным способом разрешения этого противоречия является автоматизация процессов управления. Сейчас не вызывает сомнения тот факт, что учет и анализ большого количества разнообразных данных, выполнение громоздких расчетов возможны только при использовании вычислительных и других средств автоматизации. Соответственно, приведен синтез вариантов решений в системе управления движением судна с учетом ограничений по дистанции и времени столкновения. Проведен анализ возможности достижения множества целей управления по ресурсам и времени на ленточной диаграмме и методам сетевого планирования и управления. Разработанный метод позволяет модифицировать рекомендуемый вариант решения таким образом, чтобы для него можно было сформировать по меньшей мере один реализуемый вариант действий судоводителя, что можно реализовать в условиях имеющихся ограничений. При этом вариант развития ситуации (в соответствии с навигационной обстановкой) определяется существующим запасом времени у судоводителя. Если в процессе выработки решений для некоторого варианта развития ситуации не удастся сформировать ни одного реализуемого варианта действий судоводителя, то достижение целей управления в данной ситуации невозможно. В этом случае рассматриваемый вариант развития ситуации требует уточнения. Приведен пример фрагмента графа варианта достижения целей, отражающий процесс решения задачи в системе управления движением судна. Рассмотрен метод, позволяющий синтезировать невыполнимые планы реализации. Выводы. Разработанный метод синтеза возможных вариантов решений позволяет сформировать в реальном масштабе времени для каждого варианта развития ситуации множество вариантов достижения действий судоводителя, если они существуют.

Ключевые слова: судно, судоводитель, ситуация опасного сближения, навигационная обстановка, , человеческий фактор.