

*Олексій Володимирович Данік
Ірина Валеріївна Трофименко
Оксана Михайлівна Коломієць*

Державний університет інфраструктури та технологій, Київ, Україна

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБЛЕННЯ МОДЕЛІ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ НАВІГАЦІЇ ТА УПРАВЛІННЯ РУХОМ СУДНА

Стаття присвячено аналізу існуючих показників ефективності функціонування систем навігації та управління рухом суден, який дозволить зробити висновок про те, що ймовірність виконання завдання без аварійних подій є найбільш прийнятним комплексним показником.

Також, у статті запропонована схема загальної системи навігації та управління рухом суден, яка використовується як функції умовних ймовірностей вирішення завдань кожним комплексом та є основою дослідження стосовно формування алгоритму визначення ймовірності виконання завдання без аварійних подій як.

Крім того, розглянута у статті модель визначення ефективності виконання завдання навігації та управління рухом судном без аварійних подій за відомими апріорно техніко-експлуатаційне характеристикам комплектуючих підсистем дозволяє вирішити завдання аналізу та синтезу структури системи навігації та управління рухом судном в сучасних умовах. Застосування моделі дозволяє при вирішенні завдань синтезу структури системи навігації та управління рухом судном зменшити вартість в порівнянні з варіантами з тім самим показником ефективності, а також покращити ймовірність виконання безаварійного судноводіння при умові постійного значення вартості варіанту системи.

В подальшому дослідженні доцільно розробити метод знаходження умовних ймовірностей вирішення завдань кожним комплексом системи навігації та управління через показники надійності та точності систем, який дозволить аналітично зв'язати техніко-експлуатаційні характеристики окремих систем з ймовірністю виконання завдання систем навігації та управління рухом суден без аварійних подій.

Ключові слова: *показники, ефективність, функціонування, системи навігації та управління рухом суден, безаварійне судноводіння, моделі оцінювання ефективності*

Вступ

Постановка проблеми у загальному вигляді.

Україна активно діє у всіх міжнародних суспільно-економічних процесах, а це вимагає від транспорту, як інфраструктурної галузі, швидкого розвитку та вдосконалення. Метою цього державного завдання є сприяння економічному та соціальному розвитку країни та її участі в міжнародній інтеграції. За прогнозами експертів через 2-3 роки обсяг перевезення вантажів збільшиться порівняно з останніми роками до 40 %, переробка вантажів у державних морських торговельних портах – до 45 %, обсяг пасажирських перевезень – до 30 %. Варте підкреслити те, що перехід на інвестиційно-інноваційний етап розвитку економіки вимагає розвитку транспорту на якісно новій основі [1-3].

На даному етапі транспортна галузь України у цілому задовольняє лише базові потреби населення та економіки у перевезеннях. В тому числі це стосується і морського та водного транспорту. Морський транспортний комплекс є багатофункціональною структурою, що задовольняє потреби економіки будь якої держави світу в транспортному забезпеченні. Рівень безпеки експлуатації суден, показники якості, ефективності перевезень пасажирів та вантажів, інші важливі властивості не відповідають

сучасним вимогам. На думку фахівців особлива увага приділяється саме заходам забезпечення безпеки експлуатації, тобто безпеки навігації та руху на морському та річному транспорті [4 – 7].

На теперішній час гостро стоїть завдання щодо розроблення моделей та методів підвищення ефективності системи навігації та управління судном на основі достовірної апріорної інформації про стан комплектуючих підсистем. Варто підкреслити те, що сучасним інноваційним напрямком є впровадження інтелектуальних систем, які поєднують комп'ютерні, телекомунікаційні системи, інформаційні технології, математичне та програмне забезпечення, яке побудовано та теорії штучного інтелекту [8, 13].

Аналіз остатніх досліджень і публікацій.

Проблеми функціонування та розвитку підприємств транспортної галузі, зокрема підприємств водного транспорту України розглядали та досліджували в своїх працях такі автори як Панін В.В., Богом'я В.І., Майборода О.М., Баранов Г.Л., Соломенцев О.В., Тихонов І.В., Доронін В.В., Давидов В.С. та інші [1-7].

Порівняльний аналіз аварійності на флоті свідчить про позитивну тенденцію зменшення подібних ситуацій, але це не знижує актуальність наукових досліджень в галузі підвищення

ефективності систем навігації та управління суднами.

Виділення невіршених питань загальної проблеми. Аналіз закордонного та вітчизняного досвіду експлуатації та проектування систем навігації та управління рухом суден свідчить про можливість значного підвищення їх ефективності та якості шляхом використання в моделях та методах відомих апріорно техніко-експлуатаційних характеристик комплектуючих підсистем [9–11, 14].

Таким чином, незважаючи на стрімкий розвиток супутникових радіонавігаційних систем та інформаційних технологій взагалі та на транспорті зокрема, актуальним є наукове завдання удосконалення існуючих та розроблення нових моделей та методів аналізу і синтезу системи навігації та управління рухом суден на основі апріорних оцінок технічної ефективності комплектуючих підсистем, вирішенню цього завдання і присвячена стаття.

Формулювання цілей статті.

Тому аналіз особливостей розроблення моделей оцінювання ефективності систем навігації та управління рухом судна сприяв би виведенню водного транспорту на передові позиції в галузі, а зробити це можливо лише з використанням сучасних управлінських комп'ютерних технологій на базі впровадження відповідних оптимізаційних задач, що є метою даної статті.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Розглянемо формування ефективності однієї з підсистем системи навігації та управління рухом (СНУР). Доцільно зробити висновок про те, що виконання кожною підсистемою СНУР свого завдання є складною подією. Наприклад, для автономного навігаційного обладнання (АНО) із складу навігаційного комплексу

$$V_{P4} / V_{НК} \cap V_{P1} \cap V_{P2} \cap V_{P3} = A_1 \cap A_2 \cap A_3, \\ (V_{P4} / V_{НК} \cap V_{P1} \cap V_{P2} \cap V_{P3}) \cap \bar{A}_i = \emptyset. \quad (1)$$

де A_1 – подія, що полягає в тому, що устаткування працездатно;

A_2 – подія, що полягає в тому, що погрішності систем навігації та обурення, що діють на них, дозволяють вирішити завдання, що покладається на комплекс, з потрібною точністю;

A_3 – подія, що полягає в тому, що існує достатня тимчасова надмірність для своєчасного вирішення завдання.

Звідси витікає, що ефективність АНО як узагальнений критерій, що характеризує його здатність вирішувати покладену задачу може бути знайдена за допомогою виразу

$$E_4(t) = P(V_{P4} / V_{НК} \cap V_{P1} \cap V_{P2} \cap V_{P3}) = P(A_1) \times \\ \times P(A_2 / A_1) P(A_3 / A_1 \cap A_2) = P_1(t) \Phi_1(t) R_1(t), \quad (2)$$

де $P(A_1) = P_1(t)$ — ймовірність безвідмовної роботи АНО при даному способі його застосування протягом заданого часу t ;

$P(A_2 / A_1) = \Phi_1(t)$ — ймовірність того, що похибки систем і діючі на нього обурення дозволяють

вирішити задачу з необхідною точністю за умови, що система в заданому режимі працює безвідмовно;

$P(A_3 / A_1 \cap A_2) = R_1(t)$ — ймовірність того, що при перерахованих вище двох умовах не виникне дефіцит часу при вирішенні даного завдання.

Оскільки P_y и $E_i(t)$ – це ймовірності протилежних подій, то рівень безаварійного судноводіння визначається за допомогою виразу

$$U_{BC} = 1 - k(1 - E_1(t)), \quad (3)$$

Достовірність моделі ефективності обумовлена тим, що вона сформульована на основі системного підходу з урахуванням всієї сукупності подій, без яких не вирішується покладена на комплекс задача. Практична значимість моделі в тому, що вона дозволяє зробити аналіз структур і режимів функціонування комплексів, оцінити ступінь впливу експлуатаційних показників всіх систем і їх елементів на ефективність забезпечення безаварійного судноводіння.

Формування критерія ефективності комплексу системи навігації та управління рухом. Отже, ефективність комплексу СНУР визначена у статті як більш широке поняття, ніж точнісна і технічна ефективність.

Вираз ефективності як ймовірності виконання завдання, трансформується в рівняння виду [12–14]

$$E = \sum_{i=1}^k P_i \Phi_i R_i, \quad (4)$$

де P_i – ймовірність i -го стану комплексу;

Φ_i – точнісна ефективність i -того стану комплексу;

R_i – ймовірність того, що не виникне дефіцит часу при виконанні покладеного завдання в i -тому стані;

k – число можливих станів комплексу.

Використовуючи методи, що застосовуються при аналізі технічної ефективності [11, 12] можна визначити складові ефективності для різних станів на інтервалі часу (t, t') :

стан комплексу без відмов систем

$$E_0(t, t') = P_0(t') \Phi(t, t') R(t, t'); \quad (5)$$

α -стан (контрольована відмова α -системи);

$\bar{\alpha}$ -стан (неконтрольована відмова α -системи);

$\alpha\beta$ -стан (контрольована відмова α та β систем).

Аналогічно можна виразити й інші складові ефективності для $\alpha\bar{\beta}, \bar{\alpha}\beta, \alpha\bar{\alpha}\beta, \alpha\beta\gamma$ – станів комплексу.

Розглянемо складові цільової ефективності. Рівняння (5) характеризує ефективність нульового стану комплексу, в якому справні всі системи, і забезпечується максимально можлива для комплексу точнісна ефективність $\Phi_0(t, t')$. Така ймовірність стану $P_1(t)$ дорівнює добутку ймовірностей безвідмовної роботи всіх систем, що входять в комплекс

$$P_1(t') = \prod_{i=1}^m P_i = \exp(-t' \sum_{i=1}^m \lambda_i). \quad (6)$$

Рівняння (5), (6) характеризують складову

ефективності α -стану комплексу. У рівняння входить характерна для α -стану комплексу ймовірність появи контрольованої відмови α -системи

$$P_i(t') = \frac{1 - P_\alpha^{q_\alpha}(t)}{P_\alpha^{q_\alpha}(t)}. \quad (7)$$

У підінтегральний вираз входять $\Phi_\alpha(t, t', \tau)$ та $R_\alpha(t, t', \tau)$, що характеризують залежність Φ_α та R_α від моменту відмови α -системи $\tau_\alpha(\tau_\alpha(t, t'))$, а також щільність ймовірності α -відмови системи $q_\alpha \lambda_\alpha e^{-q_\alpha \lambda_\alpha \tau_\alpha}$.

Слід зазначити певну складність і трудомісткість обчислювальних робіт по визначенню ефективності. В джерелах [9,12–14] були розглянуті шляхи спрощення обчислювальних операцій при визначенні технічної ефективності.

Застосуємо ці ж методи для спрощення обчислень ефективності.

1. Припустимо $\Phi_i(t, t', \tau_i) = \Phi_i(t, t')$ та $R_i(t, t', \tau_i) = R_i(t, t')$, отримаємо простіше, але зменшене значення ефективності

$$E = P_0 \left\{ \Phi_0 R_0 + \sum_{\alpha=1}^k (\Phi_\alpha R_\alpha \frac{1 - P_\alpha^{q_\alpha}}{P_\alpha^{q_\alpha}}) + \Phi_\alpha^- R_\alpha^- \frac{1 - P_\alpha^{1-q_\alpha}}{P_\alpha^{1-q_\alpha}} + \sum_{\substack{\alpha, \beta=1 \\ \alpha \neq \beta}}^k \left[\Phi_{\alpha\beta} R_{\alpha\beta} \frac{(1 - P_\alpha^{q_\alpha})(1 - P_\beta^{q_\beta})}{P_\alpha^{q_\alpha} P_\beta^{q_\beta}} + \Phi_{\alpha\beta}^- R_{\alpha\beta}^- \frac{(1 - P_\alpha^{1-q_\alpha})(1 - P_\beta^{1-q_\beta})}{P_\alpha^{1-q_\alpha} P_\beta^{1-q_\beta}} + \Phi_{\alpha\beta}^- R_{\alpha\beta}^- \frac{(1 - P_\alpha^{1-q_\alpha})(1 - P_\beta^{1-q_\beta})}{P_\alpha^{1-q_\alpha} P_\beta^{1-q_\beta}} + \Phi_{\alpha\beta}^- R_{\alpha\beta}^- \frac{(1 - P_\alpha^{1-q_\alpha})(1 - P_\beta^{1-q_\beta})}{P_\alpha^{1-q_\alpha} P_\beta^{1-q_\beta}} \right] + \dots \right\}, \quad (8)$$

де $P_0 = \prod_{i=1}^m P_i(t')$; $P_\alpha = P_\alpha(t')$; $t' = t + T$;

$P_\alpha^- = P_\alpha(t')$; $\Phi_\alpha = \Phi_\alpha(t, t')$; $R_\alpha = R_\alpha(t, t')$;
 $\Phi_\alpha^- = \Phi_\alpha(t, t')$.

2. Так як в стані контрольованої відмови важко визначити Φ_α^- та R_α^- , то можна для гарантії безпеки судноводіння при спрощеному аналізі ефективності покласти

$$\Phi_\alpha^- = \Phi_\beta^- = \Phi_{\alpha\beta}^- = \Phi_{\alpha\beta}^- = \Phi_{\alpha\beta}^- = 0. \quad (9)$$

Тоді

$$E = P_0 \left[\Phi_0 R_0 + \sum_{\alpha=1}^k (\Phi_\alpha R_\alpha \frac{1 - P_\alpha^{q_\alpha}}{P_\alpha^{q_\alpha}} + \right.$$

$$\left. + \sum_{\substack{\alpha, \beta=1 \\ \alpha \neq \beta}}^k \left[\Phi_{\alpha\beta} R_{\alpha\beta} \frac{(1 - P_\alpha^{q_\alpha})(1 - P_\beta^{q_\beta})}{P_\alpha^{q_\alpha} P_\beta^{q_\beta}} \right] + \dots \right] \quad (10)$$

Ця оцінка ще більше знизить оцінку ефективності порівняно з виразом (8).

3. Більш точне значення ефективності у порівнянні з (8) та (10) можна отримати, якщо застосувати до інтегральних складових теорему про середнє значення інтеграла [9,10].

4. Також, можна в рівнянні (10) покласти точнісні ефективності відмовних станів такими, що дорівнюють нулю.

Тоді

$$E(t, T) = P_0 \left\{ \Phi_0 R_0 + \sum_{i=1}^k \left[\Phi_\alpha R_\alpha \frac{1 - P_\alpha^{q_\alpha}}{P_\alpha^{q_\alpha}} + \Delta(\Phi_\alpha R_\alpha) \frac{1 - P_\alpha^{1-q_\alpha}(T)}{P_\alpha^{1-q_\alpha}(T)} \right] + \sum_{\substack{\alpha, \beta=1 \\ \alpha \neq \beta}}^k \left[\Phi_{\alpha\beta} R_{\alpha\beta} \frac{(1 - P_\alpha^{q_\alpha})(1 - P_\beta^{q_\beta})}{P_\alpha^{q_\alpha} P_\beta^{q_\beta}} + \Delta(\Phi_{\alpha\beta} R_{\alpha\beta}) \times \frac{(1 - P_\alpha^{1-q_\alpha}(T))(1 - P_\beta^{1-q_\beta}(T))}{P_\alpha^{1-q_\alpha}(T) P_\beta^{1-q_\beta}(T)} \right] + \dots \right\}. \quad (11)$$

Співмножники кожного доданка цього виразу є керуючими функціями критерію ефективності комплексу і дозволяють за його основними експлуатаційними характеристиками надійності, повноти контролю, точності і завантаженості комп'ютерної системи визначити ймовірність виконання завдання комплексом в різних умовах зовнішнього середовища та за певного рівня впливу внутрішніх випадкових факторів.

Співмножники критерію ефективності P_i є функцією інтенсивності відмов систем комплексу та тривалості судноводіння $t+T$. Їх чисельне значення визначається за статистичними даними про відмови систем комплексу в процесі їх експлуатації або випробувань.

Зважаючи на складність функції цільової ефективності (11) її не можна привести до виду, зручного для дослідження на екстремум. Тому з метою спрощення пошуку екстремуму, вираз (11) слід аналізувати спочатку як функцію однієї змінної, а всі інші параметри зафіксувати і надати їм можливі на практиці значення. Тоді чисельне дослідження цієї функції зведеться до простої процедури вибору максимального і мінімального значень з масиву чисел.

В отриманій формулі (11) передбачається використання точнісної ефективності всіх справних систем, що можливо тільки при комплексній обробці інформації за допомогою комп'ютера.

Компактне критерій ефективності забезпечення безаварійного судноводіння для кожного комплексу представимо у вигляді

$$E(t) = E_0(t) + \sum_{i=1}^n \Delta E_i(t), \quad (12)$$

де $\Delta E_i(t)$ – відображає приріст ефективності за рахунок наявності функціонального резерву з урахуванням можливостей їх застосування і є добутком умовних ймовірностей як відомих

функцій від показників систем комплексу, що контролюються в процесі експлуатації.

Таким чином, у даній статті запропонована методика визначення показника ефективності ШУР – ймовірності виконання безаварійного судноводіння.

Висновки й перспективи подальших досліджень. Аналіз існуючих показників ефективності функціонування систем навігації та управління рухом суден [7] дозволив зробити висновок про те, що ймовірність виконання завдання без аварійних подій є найбільш прийнятним комплексним показником, модель визначення якого в подальшому доцільно використовувати при знаходженні цільової функції якості.

Запропонована на основі системного підходу структурна схема загальної «системи навігації та управління рухом суден», як сукупності комплексів доцільно використовувати основою дослідження стосовно формування алгоритму визначення ймовірності виконання завдання без аварійних подій як функції умовних ймовірностей вирішення завдань кожним комплексом.

Розглянута у статті модель визначення ефективності виконання завдання навігації та управління рухом судном без аварійних подій за відомими апріорно техніко-експлуатаційні характеристикам комплектуючих підсистем

дозволяє вирішити завдання аналізу та синтезу структури системи навігації та управління рухом судном в сучасних умовах. Застосування моделі дозволяє при вирішенні завдань синтезу структури системи навігації та управління рухом судном зменшити вартість в порівнянні з варіантами з тім самим показником ефективності, а також покращити ймовірність виконання безаварійного судноводіння приблизно при умові постійного значення вартості варіанту системи.

В подальшому доцільно розробити метод знаходження умовних ймовірностей вирішення завдань кожним комплексом системи навігації та управління через показники надійності, точності систем, що входять в комплекс, який дозволить аналітично зв'язати техніко-експлуатаційні характеристики окремих систем з ймовірністю виконання завдання систем навігації та управління рухом суден без аварійних подій.

Також, звернути увагу на розроблення математичної моделі вартості системи як невід'ємної складової частини комплексного критерію оптимізації «ефективність – вартість», яка буде побудована з врахуванням використання в системі, як нового обладнання та й встаткування та підсистем з частковим виробітком ресурсу. Це надасть їй більш адекватні риси.

Література

1. Концепція розвитку транспортно-дорожнього комплексу України на середньостроковий період та до 2020 року. Міністерство транспорту України. Київ.– 2001.– 210 с. 2. **Ярушкіна Н.Г.** Нечеткие нейронные сети / Н.Г. Ярушкіна // Новости искусственного интеллекта. – 2001. – № 3.– С. 47-51. 3. **Buckley J.J.** Fuzzy neural networks: A survey / J.J. Buckley, Y. Hayashi // Fuzzy Sets and Systems. 1994. – Vol. 66. – P. 1-13. 4. **Данік О.В.** Процедура обґрунтування організації процесу відновлення судових комплексів в умовах експлуатації / О.В. Данік // Телекомунікаційні та інформаційні технології. – 2017. – № 1 (54). – С. 113 – 116. 5. **Данік О.В.** Спосіб контролю рівня надійності судових комплексів при нестабільних умовах спостережень / О.В. Данік // Наукові записки українського науково-дослідного інституту зв'язку. – 2017. – № 1 (45). – С. 104 – 108. 6. **Навігаційне забезпечення управління рухом суден (навчальний посібник)/** [Богом'я В.І., Давидов В.С., Доронін В.В., Пашков Д.П., Тихонов І.В.].–Вид.1-е.–К.:ДВВП «Компас», 2012. – 336 с. 7. **Гудков Д.Н.** Системи динамічного позиціонування судів как эргатический инструмент повышения безопасности мореплавания / Д.Н. Гудков, И.В. Тихонов// Системи обробки інформації. – 2013. – Вип. 8 (115). – С. 32–36.

8. **Павликов В.В.** Синтез оптимального алгоритма оценки радиометрических изображений в радиометрических комплексах/ Е.Н. Тимошук, Нгуен Ван Киём, В.В. Павликов// Новітні технології.– 2016. – №2(2). – С.68-74. 9. **Снитюк В.Є.** Прогнозування. Моделі, методи, алгоритми / В.Є. Снитюк. – К.: Маклаут, 2008. – 364 с. 10. **Варжапетян А. Г.** Системы управления: исследование и компьютерное проектирование / А. Г. Варжапетян, В. В. Глушенко М. : Вузовская книга, 2000. 328 с. 11. **Гаврилова Т. А.** Базы знаний интеллектуальных систем / Т. А. Гаврилова, В. Ф. Хорошевский – СПб. : Питер, 2000. – 384 с. 12. **Нечаев Ю. И.** Принятие решений при управлении судном в экстремальных ситуациях на основе современной теории катастроф [Текст]/ Ю. И. Нечаев, В. Г. Сизов / Судовождение: Сб. научн. трудов / ОНМА. – Вып. 20. – Одесса: «ИздатИнформ», 2010. – С. 130–142. 13. **Богом'я В.І.** Методи підвищення ефективності процесу експлуатації судових комплексів/ В.І. Богом'я, О.М. Коломієць // Новітні технології. – 2017. – № 1 (3). – С. 42 – 47. 14. **Вагушенко Л.Л.** Системи автоматического управления движением судна/ Вагушенко Л.Л., Цымбал Н.Н. - Одесса: Латстар, 2002. - 310 с.

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ НАВИГАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ СУДНА

*Алексей Владимирович Даник
Ирина Валерьевна Трофименко
Оксана Михайловна Коломиец*

Государственный университет инфраструктуры и технологий, Киев, Украина

Статья посвящена анализу существующих показателей эффективности функционирования систем навигации и управления движением судов, который позволил сделать вывод о том, что вероятность выполнения задания без аварийных событий является наиболее приемлемым комплексным показателем. Также, в статье предложена общая схема общей «системы навигации и управления движением судов», которая используется в качестве функции условных вероятностей решения заданий каждым комплексом и является основой исследования относительно формирования алгоритма определения вероятности выполнения задания без аварийных событий.

Кроме того, рассмотренная в статье модель определения эффективности выполнения задания

навигации и управления движением судном без аварийных событий по известным априорно технико-эксплуатационным характеристикам комплектующих подсистем позволяет решить задание анализу и синтезу структуры системы навигации и управления движением судном в современных условиях.

Применение модели позволяет при решении заданий синтезу структуры системы навигации и управления движением судном уменьшить стоимость по сравнению с вариантами с таким же самым показателем эффективности, а также улучшить вероятность выполнения безаварийного судовождения при условии постоянного значения стоимости варианта системы.

В последующем исследовании целесообразно разработать метод нахождения условных вероятностей решения заданий каждым комплексом системы навигации и управления через показатели надежности и точности систем, который позволит аналитически связать технико-эксплуатационные характеристики отдельных систем с вероятностью выполнения задания систем навигации и управления движением судов без аварийных событий.

Ключевые слова: показатели, эффективность, функционирование, системы навигации и управления движением судов, безаварийное судовождение

PECULIARITIES OF MODEL DEVELOPMENT FOR ESTIMATION OF EFFICIENCY OF NAVIGATION AND SHIP CONTROL SYSTEMS

*Oleksiy V. Danick
Irina V. Trofimenko
Oksana M. Kolomiets*

State University of Informatics and Technology, Kyiv, Ukraine

The article is devoted to the analysis of the existing indicators of the effectiveness of navigation systems and vessel traffic management, which led to the conclusion that the probability of performing a task without emergency events is the most acceptable integrated indicator. Also, the article proposes a block diagram of the general "ship navigation and control system", which is used as a function of the conditional probabilities for solving tasks by each complex and is the basis for research into the formation of an algorithm for determining the probability of performing a task without emergency events.

In addition, the model considered in the article for determining the effectiveness of the task of navigating and controlling the movement of a ship without emergency events, according to known a priori technical and operational characteristics of the component subsystems, allows solving the task of analyzing and synthesizing the structure of the navigation system and controlling the movement of the vessel in modern conditions.

The application of the model allows to reduce the cost in comparison with the variants with the same efficiency index when solving problems, and to improve the probability of accident-free navigation provided that the cost of the system variant is constant.

In the next research, it is advisable to develop a method for finding conditional probabilities for solving tasks by each complex of the navigation and control system through indicators of reliability and accuracy of systems that will analytically link the technical and operational characteristics of individual systems with the probability of performing the task of navigation systems and controlling the movement of ships without emergency events.

Key words: indicators, efficiency, operation, navigation and traffic control systems, accident-free navigation

References

- 1. KontseptsIya** rozvitku transportno-dorozhnogo kompleksu Ukraini na serednostrokoviy period ta do 2020 roku. MInIsterstvo transportu UkraYini. KiYiv.– 2001.– 210 s. **2. Yarushkina N.G.** Nechetkie neyronnyie seti / N.G. Yarushkina // Novosti iskusstvennogo intellekta. – 2001. – # 3.– P. 47-51. **3. Buckley J.J.** Fuzzy neural networks: A survey / J.J. Buckley, Y. Hayashi // Fuzzy Sets and Systems. 1994. – Vol. 66. – P. 1-13. **4. DanIk O.V.** Protsedura obGruntuvannya organIzatsIYi protsesu vIdnovlennya sudnovih kompleksIv v umovah ekspluatatsIYi / O.V. DanIk // Telekomunikatsiyni ta informatsiyni tehnologii. – 2017. – №1(54). – P. 113 – 116. **5. DanIk O.V.** SposIb kontrolyu rIvnya nadIynosti sudnovih kompleksIv pri nestabilnih umovah sposterezhen / O.V. DanIk // NaukovI zapiski ukraYinskogo naukovo-doslIdnogo Institutu zv'yazku. – 2017. – №1(45). – P. 104 – 108. **6. Navigatsiynе pozitsionirovaniya sudov kak ergaticheskiy instrument povysheniya bezopastnosti moreplavaniya / D.N. Gudkov, I.V. Tihonov// Sistemi obrobki Informatsii. – 2013. – Vip. 8 (115). – S. 32–36.**
- 8. Pavlikov V.V.** Sintez optimalnogo algoritma otsenki radiometricheskikh izobrazheniy v radiometricheskikh kompleksah/ E.N. Timoschuk, Nguen Van Kiem, V.V. Pavlikov// NovItInI tehnologii.– 2016. – №2(2). – P.68-74. **9. Snityuk V.E.** Prognozuvannya. ModelI, metodi, algoritmi / V.E. Snityuk. – K.: Maklout, 2008. – 364 s. **10. Varzhapetyan A. G.** Sistemy upravleniya: issledovanie i komp'yuternoe proektirovanie / A. G. Varzhapetyan, V. V. Glushchenko M. : Vuzovskaya kniga, 2000. 328 s. **11. Gavrilova T. A.** Bazy znaniy intellektual'nyh sistem / T. A. Gavrilova, V. F. Horoshevskij – SPb. : Piter, 2000. – 384 s. **12. Nechaev Y.U. I.** Prinyatie reshenij pri upravlenii sudnom v ehkstremaal'nyh situacijah na osnove sovremennoj teorii katastrof [Tekst]/ YU. I. Nechaev, V. G. Sizov / Sudovozhdenie: Sb. nauchn. trudov / ONMA. – Vyp. 20. – Odessa: «dzdatinform», 2010. – S. 130–142. **13. Bogom'ya V.I.** Metodi pidvishchennya efektyvnosti procesu ekspluatatsii sudnovih kompleksiv/ V.I. Bogom'ya, O.M. Kolomiec' // Novitni tehnologii. – 2017. – № 1 (3). – P.42–47. **14. Vagushchenko L.L.** Sistemy avtomaticheskogo upravleniya dvizheniem sudna/ Vagushchenko L.L., Cymbal N.N. - Odessa: Latstar, 2002. - 310 s.