

Урум Н.С.

Дунайський інститут водного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій

Федунов В.М.

Дунайський інститут водного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій

Бажак О.В.

Дунайський інститут водного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій

МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ РУХУ ОБ'ЄКТІВ ПОШУКОВО-РЯТУВАЛЬНОЇ ОПЕРАЦІЇ НА МОРІ

Під час проведення пошуково-рятувальних операцій на морі важливою проблемою, що потребує рішення, є прогнозування руху об'єктів під впливом течії, вітру, хитавиці. Нині існують математичні моделі руху, однак їх застосування є досить обмеженим. Невизначеність параметрів руху об'єкта пошуково-рятувальних дій призводить до зосередження зусиль пошукових сил у районах, де об'єкт відсутній, до зайвої витрати часу, що може вплинути на ефективність проведення операції загалом.

Основними характерними прогнозованими параметрами руху об'єктів на морі, які повинні вимірюватися під час виконання пошуково-рятувальних дій, визначено:

1) координати об'єкта географічні (широта, довгота) або пласкі прямокутні (по меридіані та паралелі);

2) координати об'єкта полярні щодо спостерігача (пеленг, дистанція);

3) елементи руху об'єкта (істинний курс, швидкість).

У статті проведено розроблення та узагальнення математичних моделей прогнозування руху об'єктів пошуково-рятувальної операції на морі з урахуванням впливу вітру, течії та хитавиці. Теоретичним дослідженням та комп'ютерним моделюванням методів пошуку та супроводження об'єктів пошуково-рятувальних операцій встановлені найбільш придатні роздільні за параметрами й комбіновані моделі прогнозування руху об'єкта пошуку з оцінкою дій дрейфу, течії, хитавиці.

Розроблено математичні моделі фільтрації, згладжування, прогнозування (екстраполяції) траєкторних параметрів за динамічними, кінематичними і статистичними моделями прогнозованих процесів з урахуванням сумарного зносу. Теоретичним дослідженням та комп'ютерним моделюванням методів пошуку та супроводження об'єктів пошуково-рятувальних операцій встановлені найбільш придатні роздільні за параметрами й комбіновані моделі прогнозування руху об'єкта пошуку з оцінкою дій дрейфу, течії, хитавиці.

Використання цих моделей доцільне для розроблення алгоритмічного й математичного забезпечення відповідних систем підтримки прийняття рішення.

Ключові слова: невизначеність, математична модель, пошуково-рятувальна операція, прогноз, система підтримки прийняття рішення.

Постановка проблеми. Одним із найважливіших показників ефективності пошуково-рятувальної операції на морі та забезпечення безпеки мореплавства є своєчасний пошук об'єктів. На морі об'єкти переміщуються під дією власних рушіїв та під впливом постійної течії, вітру, хитавиці та інших факторів. Отже, пошук об'єктів на морі ускладнюється невизначеністю їх положення відносно пошуково-рятувальних сил. Основними характерними прогнозованими параметрами руху

об'єктів на морі, які повинні вимірюватися під час виконання пошуково-рятувальних дій, будуть:

1) координати об'єкта географічні (широта, довгота) або пласкі прямокутні (по меридіані та паралелі);

2) координати об'єкта полярні щодо спостерігача (пеленг, дистанція);

3) елементи руху об'єкта (істинний курс, швидкість).

Постановка проблеми. Таким чином, існує необхідність розроблення математичних моделей

фільтрації, згладжування, прогнозування (екстраполяції) траєкторних параметрів за динамічними, кінематичними й статистичними моделями прогнозованих процесів з урахуванням сумарного зносу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У статті використані дослідження вітчизняних [1, 7, 8] та закордонних дослідників [2, 4, 6], які розробляли структуру пошуково-рятувальних операцій на морі, моделі та методи їх проведення. Додатково слід відзначити фундаментальні та прикладні роботи з теорії пошуку об'єктів на морі [4, 11, 14], які використані для формування відповідних математичних моделей. Дослідження, проведені у статті, ґрунтуються на роботах [7, 9, 10, 14].

Метою статті є розроблення та узагальнення математичних моделей прогнозування руху об'єктів пошуково-рятувальної операції на морі з урахуванням впливу вітру, течії та хитавиці.

Виклад основного матеріалу. Аналіз низки досліджень [1, 5, 6] свідчить, що під час вирішення завдань пошуку та супроводження об'єктів на морі, як правило, використовуються кінематичні моделі прогнозування їх руху першого порядку, що враховують швидкість зміни параметра, який спостерігається, або другого порядку, що враховують швидкість і прискорення зміни цього параметра. На підставі цієї тези та принципів механіки кінематичні моделі будь-якого окремого прогнозованого параметра під час руху об'єкта можна представити у такому загальному вигляді:

$$\tilde{X}_i = \tilde{X}_{i-1} + \hat{V}_i t_i; \quad t_i = T_i - T_{i-1}; \quad (1)$$

$$\tilde{X}_i = \tilde{X}_{i-1} + \hat{V}_i t_i + 0,5 \cdot \hat{a}_i t_i^2; \quad (2)$$

де \hat{V}_i, \hat{a}_i – згладжені вимірювання або оцінки швидкості та прискорення виміру окремого траєкторного виміру; $\tilde{X}_i, \tilde{X}_{i-1}$ – прогнозні та попередні виміряні або згладжені значення окремого траєкторного параметра; T_i, T_{i-1}, t_i – моменти часу та інтервал між вимірами параметру.

Компоненти швидкості та прискорення руху об'єкта на морі можна представити сумою складового власного руху і сумарних впливів зовнішнього середовища, похибок вимірів або оцінки:

$$\hat{V}_i = \hat{V}_{ui} + \hat{V}_{ci}; \quad \hat{a}_i = \hat{a}_{ui} + \hat{a}_{ci}; \quad (3)$$

де $\hat{V}_{ui}, \hat{a}_{ui}$ – компоненти власної вимірної швидкості та прискорення об'єкта за допомогою лага й датчика кутової швидкості; $\hat{V}_{ci}, \hat{a}_{ci}$ – компоненти швидкості і прискорення сумарного зносу об'єкта від впливу зовнішнього середовища та похибок.

Компоненти швидкості та прискорення сумарного зносу об'єкта під впливом зовнішнього серед-

овища та похибок можна представити такими складниками:

$$\hat{V}_{ci} = \hat{V}_{di} + \hat{V}_{ti} + \hat{V}_{pi}; \quad \hat{a}_{ci} = \hat{a}_{di} + \hat{a}_{ti} + \hat{a}_{pi}; \quad (4)$$

де $\hat{V}_{di}, \hat{a}_{di}$ – швидкості та прискорення дрейфу об'єкта пошуково-рятувальної операції під дією вітру; $\hat{V}_{ti}, \hat{a}_{ti}$ – швидкість та прискорення знесення об'єкта пошуково-рятувальної операції під дією течії; $\hat{V}_{pi}, \hat{a}_{pi}$ – швидкість та прискорення об'єкта пошуково-рятувальної операції під дією похибок вимірювання.

Складники формули (4) можуть підсилювати або компенсувати один одного. Тому сумарний складник доцільно оцінювати за поточними вимірами.

Спираючись на результати досліджень [9, 10], на основі комбінації різних варіантів формул (1)–(4) залежно від можливостей виміру та визначення вхідних і вихідних даних можуть бути сформовані варіанти незалежних за окремими параметрами та ієрархічно комбінованих із різних параметрів моделі прогнозування руху об'єкта пошуково-рятувальної операції.

Пропонується використовувати математичні моделі прогнозування елементів руху судна першого порядку, типу (1). Ці моделі складаються з незалежних основних кінематичних параметрів: швидкості руху, курсу та географічних координат, що отримуються на основі безпосередніх вимірів та згладжування на судні або шляхом отримання із приладів судна як об'єкта спостереження за допомогою автоматичних ідентифікаційних систем (АІС):

$$\tilde{V}_i = \tilde{V}_{i-1} + \hat{a}_i t_i; \quad \tilde{K}_i = \tilde{K}_{i-1} + \hat{\omega}_i t_i; \quad (5)$$

$$\tilde{\varphi}_i = \tilde{\varphi}_{i-1} + \hat{V} \varphi_i t_i; \quad \tilde{\lambda}_i = \tilde{\lambda}_{i-1} + \hat{V}_{\lambda i} t_i; \quad (6)$$

де \tilde{V}_i, \tilde{K}_i – прогнозні значення швидкості та курсу об'єкта пошуково-рятувальної операції; $\tilde{K}_{i-1}, \tilde{V}_{i-1}$ – попередні виміряні або згладжені значення курсу та швидкості руху об'єкта спостереження; $\hat{a}_i, \hat{\omega}_i$ – попередні виміри або оцінки лінійного прискорення й кутової швидкості руху об'єкта пошуково-рятувальної операції; $\tilde{\varphi}_i, \tilde{\lambda}_i$ – прогнозовані значення широти, довготи об'єкта на теперішній момент часу; $\tilde{\varphi}_{i-1}, \tilde{\lambda}_{i-1}$ – попередні вимірювані (обсервовані) або згладжені значення широти та довготи об'єкта; $\hat{V} \varphi_i, \hat{V}_{\lambda i}$ – оцінки швидкостей вимірювання координат (широти, довготи) траєкторії руху об'єкта.

Курс, швидкість, широта та довгота об'єкта пошуково-рятувальної операції можуть бути також отримані на основі непрямих вимірів зовнішнім спостерігачем та їх подальшими оцін-

ками. На основі траєкторних вимірів (обсервацій) руху об'єкта з'являється можливість отримання додаткової інформації у вигляді елементів вектора дійсної швидкості об'єкта пошуково-рятувальної операції (щодо ґрунту). Для реалізації цієї мети можна застосувати два підходи [10]. Перший ґрунтується на апроксимації виміряних (обсервованих) або згладжених значень збільшень широти та довготи під час руху об'єкта по локсодромії (при постійних курсах), другий – пов'язаний з використанням швидкостей зміни широти та довготи руху об'єкта за траєкторією з використанням формули:

$$\left\{ \begin{array}{l} tg\hat{\beta} = \frac{\sum_{i=1}^n (\Delta\varphi_{oi} \Delta\lambda_{oi} \cos\hat{\varphi}_i)}{\sum_{i=1}^n \Delta\varphi_{oi}^2}; \\ \hat{V}_g = \frac{\sum_{i=1}^n \sqrt{(\Delta\varphi_{oi}^2 + (\Delta\lambda_{oi} \cos\hat{\varphi}_i)^2)}}{\sum_{i=1}^n t_i^2}; \end{array} \right. \quad (7)$$

$$tg\hat{\beta} = \hat{V}_{\lambda i} \cos\hat{\varphi}_i / \hat{V}_{\varphi i}; \hat{V}_{g i} = \sqrt{\hat{V}_{\varphi i}^2 + (\hat{V}_{\lambda i} \cdot \cos\hat{\varphi}_i)^2}; \quad (8)$$

де $\hat{\beta}$, \hat{V}_g – оцінки дійсної швидкості та шляхового кута руху об'єкта пошуково-рятувальної операції відносно ґрунту на прямолінійній ділянці; $\Delta\varphi_{oi}$, $\Delta\lambda_{oi}$ – виміряні (обсервовані) або згладжені значення приросту широти та довготи під час руху об'єкта за локсодромією.

За наявності на судні датчика кутової швидкості її вимір та прогнозування також пропонується здійснювати на основі типової моделі першого порядку (1), (5), (6), тобто:

$$\tilde{\omega}_i = \tilde{\omega}_{i-1} + \hat{a}_{\omega i} t_i; \quad (9)$$

де $\tilde{\omega}_i$ – прогнозні значення швидкості об'єкта пошуково-рятувальної операції; $\tilde{\omega}_{i-1}$ – попередні виміри або згладжені оцінки кутової швидкості об'єкта пошуково-рятувальної операції; $\hat{a}_{\omega i}$ – згладжені оцінки кутового прискорення.

У разі спільного використання формул (5) та (9) отримаємо комбіновану модель курсу об'єкта пошуково-рятувальної операції, в якій кутова швидкість знаходиться на нижньому рівні ієрархії.

Після підстановки прогнозованої кутової швидкості об'єкта (9) у формулу (5) отримаємо модель супроводження та прогнозування курсу об'єкта другого порядку, типу (2), тобто:

$$\tilde{K}_i = \tilde{K}_{i-1} + \hat{\omega}_i t_i + 0,5 \cdot \hat{a}_{\omega i} t_i^2; \quad (10)$$

Більш повну модель комплексного використання всіх параметрів рядів траєкторних вимірів для прогнозування руху об'єкта пошуково-рятувальної операції пропонується сформулювати за допомогою традиційних методів аналітичного

числення шляху судна [1, 14]. При цьому прогнозовані дані перерахованих варіантів моделей курсу та швидкості об'єкта (5)–(8) використовуються елементами нижнього рівня ієрархії в комбінованій моделі прогнозування координат руху об'єкта з урахуванням елементів сумарного зносу й залишкових похибок (3), (4) [14]:

$$\left. \begin{array}{l} \tilde{\varphi}_i = \tilde{\varphi}_{i-1} + (\hat{V}_i \cos\tilde{K}_i + \hat{V}_i \cos\tilde{K}_{ci}) t_i \\ \tilde{\lambda}_i = \tilde{\lambda}_{i-1} + (\hat{V}_i \sin\tilde{K}_i + \hat{V}_{ci} \sin\tilde{K}_{ci}) t_i \sec\hat{\varphi}_i \end{array} \right\} \quad (11)$$

де \tilde{K}_{ci} , \hat{V}_{ci} – оцінки значень курсу та швидкості сумарного зносу об'єкта пошуково-рятувальної операції.

Таким чином, модель координат траєкторії руху об'єкта (11) буде відповідати моделі другого порядку (2), що включає прогнозовані значення курсу і швидкості з нижнього рівня ієрархії (5)–(10).

Побудуємо моделі оцінки елементів зносу об'єкта пошуково-рятувальної операції.

Аналіз низки досліджень [6, 8, 9, 14] свідчить, що швидкість дрейфу об'єкта залежить від швидкості та курсового кута вітру, швидкості об'єкта, його форми та розмірів. Часто використовується формула, відома як формула Н.Н. Матусевича [9]:

$$\hat{V}_{di} = k_{\alpha} \cdot W; \quad (12)$$

де \hat{V}_{di} – швидкість вітрового дрейфу, вуз; k_{α} – коефіцієнт дрейфу; W – швидкість уявного вітру, м/с.

Коефіцієнт дрейфу визначається для кожного конкретного типу судна або плавзасобу.

У морехідних таблицях МТ-2000 швидкість вітрового дрейфу представлена в іншому вигляді:

$$\hat{V}_{di} = 1,94 k_{\alpha} \cdot U; \quad (13)$$

де U – швидкість істинного вітру.

У керівництві [13] для розрахунку району, в якому може знаходитися об'єкт пошуково-рятувальних дій, необхідно визначити швидкість та напрямок дрейфу, який складається з двох компонентів: дрейфу у підвітряний бік та сумарної водної течії. Дані про величину цих дрейфів наведені у вигляді таблиці та графіків, вхідними аргументами в яких є швидкість вітру у вузлах та тип плавзасобу.

У різних океанологічних дослідженнях швидкість вітрового плину на поверхні моря, як правило, представляється емпіричною формулою залежно від швидкості вітру та широти місця:

$$\hat{V}_{di} = \frac{k_{TB}}{\sqrt{\sin\varphi}} U, \quad (14)$$

де k_{TB} – коефіцієнт вітрової течії.

Коефіцієнт вітрової течії визначається зі спостережень, його величина варіюється від 0,04 при

швидкості вітру 2 м/с до 0,012, при швидкості вітру 20 м/с. Найчастіше безпосередньо у вираз (11) підставляється значення коефіцієнта вітрової течії 0,0127. Вітрова течія у відкритому морі відхиляється від напрямку вітру в північній півкулі на 45° праворуч, у південній – на 45° ліворуч під впливом сили обертання Землі. Причому це відхилення не залежить ні від швидкості вітру та течії, ні від широти місця.

Разом із впливом вітру у відкритому морі на об'єкт пошуково-рятувальних дій впливає хитавиця, створюючи додатково хвильову течію. Формула для розрахунку швидкості хвильової течії (см/с) має вигляд:

$$V = \left((0,5h)^2 \sqrt{\frac{2\pi g}{\lambda}} \right), \quad (15)$$

де h та λ – висота та довжина хвилі відповідно; g – прискорення сили тяжіння.

Проведений аналіз свідчить, що виникає необхідність уточнення методик розрахунку складових частин швидкостей переміщення об'єкта в морі під дією зовнішніх впливів. Нині для досягнення цих цілей можуть використовуватися поточні виміри елементів обстановки, на основі яких сучасні інформаційні технології дозволяють значно спростити та уточнити розрахунки порівняно із графіками і номограмами. Це дозволить скоротити час пошуку та підвищити імовірність виявлення об'єкта пошуково-рятувальних дій.

Під час спільної дії на об'єкт вітру, хитавиці, течії практично неможливо оцінювати роздільно елементи зносу та дрейфу і, відповідно, застосовувати діючі методики розрахунків у припущенні дії лише одного із зовнішніх факторів. Тому доцільно оцінювати сумарні елементи зносу об'єкта пошуково-рятувальної операції у формулі (11) за поточними рядами траєкторних вимірів. Перший підхід для отримання оцінок здійснюється через збільшення зчислених координат по попередніх згладжених вимірах курсу та швидкості руху об'єкта й збільшення безпосередньо виміряних координат у такому вигляді:

$$tg\hat{K}_c = \frac{\sum_{i=1}^n [(\Delta\lambda_{oi}\cos\hat{\phi}_i - \hat{V}_i t_i \sin\hat{K}_i) \times (\Delta\phi_{oi} - \hat{V}_i t_i \cos\hat{K}_i)]}{\sum_{i=1}^n (\Delta\phi_{oi} - \hat{V}_i t_i \cos\hat{K}_i)^2}, \quad (16)$$

$$\hat{V}_c = \frac{\sum_{i=1}^n \sqrt{(\Delta\lambda_{oi}\cos\hat{\phi}_i - \hat{V}_i t_i \sin\hat{K}_i)^2 + (\Delta\phi_{oi} - \hat{V}_i t_i \cos\hat{K}_i)^2}}{\sum_{i=1}^n t_i^2}, \quad (17)$$

де \hat{K}_c , \hat{V}_c – оцінки значень курсу і швидкості сумарного зносу об'єкта під час руху по локсодромії (при постійних курсах).

При обчисленнях за формулами (16), (17) одночасно відбувається фільтрація випадкових похибок рядів траєкторних вимірів на основі згладжування проміжних обчислень та кінцевих результатів.

Інший підхід оцінки елементів сумарного зносу запропонований у роботі [10], він ґрунтується на рівності других доданків у формулах (6), (11) та можливості визначення елементів вектора сумарного зносу через оцінки швидкості щодо ґрунту за обсерваціями, згладженими вимірами або прогноз курсу і швидкості об'єкта пошуково-рятувальної операції (5), (10):

$$\left. \begin{aligned} \hat{V}_{\phi_i} - \hat{V}_i \cos\hat{K}_i &= \hat{V}_{ci} \cos\hat{K}_{ci}; \\ \hat{V}_{\lambda_i} \cos\hat{\phi}_i - \hat{V}_i \sin\hat{K}_i &= \hat{V}_{ci} \sin\hat{K}_{ci}. \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

Ділення другого виразу (18) на перший дає оцінку курсу, а піднесення до квадрату обох виразів (18) та їх додавання з урахуванням формули (8) – оцінку швидкості поточних значень сумарного зносу об'єкта:

$$\begin{aligned} tg\hat{K}_c &= (\hat{V}_{\lambda_i} \cos\hat{\phi}_i - \hat{V}_i \sin\hat{K}_i) / (\hat{V}_{\phi_i} - \hat{V}_i \cos\hat{K}_i); \\ \hat{V}_{ci} &= \sqrt{\hat{V}_{\phi_i}^2 + \hat{V}_i^2 - 2\hat{V}_i (\hat{V}_{\phi_i} \hat{V}_i \cos\hat{K}_i + \hat{V}_{\lambda_i} \cos\hat{\phi}_i \sin\hat{K}_i)}. \end{aligned} \quad (19)$$

Оцінку значень вектора зносу за формулами (16), (17), (19), (20) на основі попереднього аналізу, навіть при повній наявності гіпотези постійної дії зовнішніх факторів (течії, вітру, хитавиці), необхідно робити у вигляді ковзного вікна на інтервалах, на яких елементи руху об'єкта пошуково-рятувальних дій підтримуються постійними. Це пов'язано з тим, що дрейф об'єкта від впливу вітру, який входить складовою частиною в сумарний знос об'єкта, буде різним за зміни курсу та швидкості руху об'єкта.

Висновки та перспективи. Отже, у статті проведено розроблення та узагальнення математичних моделей прогнозування руху об'єктів пошуково-рятувальної операції на морі з урахуванням впливу вітру, течії та хитавиці. Теоретичним дослідженням та комп'ютерним моделюванням методів пошуку та супроводження об'єктів пошуково-рятувальних операцій встановлені найбільш придатні роздільні за параметрами й комбіновані моделі прогнозування руху об'єкта пошуку з оцінкою дій дрейфу, течії, хитавиці. Використання цих моделей доцільне для розроблення алгоритмічного й математичного забезпечення відповідних систем підтримки прийняття рішення.

Список літератури:

1. Артюшенко В.М. Кинематические и вероятностные характеристики процесса поиска и обнаружения движущегося объекта. *Журнал радиоэлектроники*. 2017. №3. С. 1–25.
2. Баранов Ю.К. Навигация. СПб. Лань. 1997. С. 449.
3. Боран-Кешишьян А.Л. Разработка геоинформационной системы определения координат объектов поиска и спасания при неконтролируемом дрейфе с заданной радиальной погрешностью местоположения. *Эксплуатация морского транспорта*. 2015. № 3. С. 20–24.
4. Безруков Ю.Ф. Океанология. Ч.П. Динамические явления и процессы в океане. Симферополь: Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского. 2006. 123 с.
5. Васьков А.С. Оценка сноса судна по траекторным измерениям. *Эксплуатация морского транспорта*. 2015. №2 (75). С. 34–38.
6. Васьков А.С. Прогнозирование и контроль движения судна. *Морские интеллектуальные технологии*. 2019. № 1 (43). Т.2. С. 92–97.
7. Годованюк С.П. Формирование облика единой системы поиска и спасания. *Науковий вісник ХДМА: науковий журнал*. – Херсон: Херсонська державна морська академія. 2016. № 2 (15). С.10–19.
8. Годованюк С.П. Концептуальная модель формирования облика управляемой единой системой поиска и спасания на море. *Вісник інженерної академії України*. 2017. С. 84–88.
9. Грищенко А.А. Сравнение методов расчета дрейфа свободноплавающего объекта на базе натурального эксперимента. *Науковедение*. 2015. №3, т. 7. С.10–18.
10. Грищенко А.А. Некоторые аспекты создания модели движения объекта на море. *Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов*. 2013. № 10 (88). С. 285–288.
11. Ким Д.П. Методы преследования и поиска подвижных объектов. Наука, 1989. 336 с.
12. Махин В.П. Влияние волнения на движение судна в условиях ветра. *Эксплуатация морского транспорта*. 2010. №2 (60). С. 29–31.
13. Международный кодекс по спасательным средствам (Кодекс ЛСА). СПб. ЗАО ЦНИИМФ. 2004. 156 с.
14. Мироненко А.А. Методология формализации навигационной обстановки, планирования маршрута и программных траекторий движения судна. Новороссийск: ГМУ им.адм. Ф.Ф. Ушакова. 2016. 48 с.

Urum N.S., Fedunov V.M., Bajak O.V. MODELS OF FORECASTING THE MOVEMENT OF SEARCH AND RESCUE OPERATIONS AT SEA

During conducting search and rescue operations at sea an important problem that needs to be solved is to predict the movement of objects under the influence of currents, wind, and sway. There are currently mathematical models of motion, but their applications are quite limited. Uncertainty of the parameters of the object of search and rescue operations leads to the concentration of search forces in areas where the object is absent, an unnecessary waste of time, which can affect the effectiveness of the operation as a whole. The main characteristic predicted parameters of the movement of objects at sea, which must be measured when performing search and rescue operations, are: 1) geographical coordinates of the object (latitude, longitude) or flat rectangular (meridian and parallel); 2) the coordinates of the object are polar relative to the observer (bearing, distance); 3) elements of object motion (true course, speed). The purpose of the article is to develop and generalize mathematical models for forecasting the movement of objects of search and rescue operations at sea, taking into account the effects of wind, current and sway. The article develops and generalizes mathematical models for forecasting the movement of objects of search and rescue operations at sea, taking into account the effects of wind, current and sway. Theoretical research and computer modeling of methods of search and support of objects of search and rescue operations established the most suitable separate on parameters and combined models of forecasting of movement of object of search with an estimation of actions of a drift, a current, a sway. Mathematical models of filtering, smoothing, forecasting (extrapolation) of trajectory parameters according to dynamic, kinematic and statistical models of predicted processes taking into account the total wear are developed. The use of these models is appropriate for the development of algorithmic and mathematical support for appropriate decision support systems.

Key words: *uncertainty, mathematical model, search and rescue operation, forecast, decision support system.*