Ю.Б. Ситник

Льотна академія Національного авіаційного університету, Кропивницький

ПІДХІД ЩОДО ВРАХУВАННЯ ВПЛИВУ НЕСПРИЯТЛИВИХ ФАКТОРІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПОШУКОВО-РЯТУВАЛЬНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В ОПЕРАЦІЯХ

У статті проведений аналіз факторів, що впливають на оцінку ефективності пошуково-рятувального забезпечення в операціях об'єднань і угруповань сил (військ) Збройних Сил України, яке реалізоване в спеціальному математичному та програмному забезпеченні комплексу засобів автоматизації авіаційної рятувальної операції. Реалізовані математичні моделі описують тільки окремі аспекти реальних процесів або їх ідеалізовані представлення шляхом внесення в моделі поправочних коефіцієнтів, виразів в залежності від різних відхилень реальних умов від ідеалізованих. Якщо дослідник має статистику, то задача прогнозування значення ступеня впливу несприятливих факторів може бути поставлена та розв'язана в умовах стохастичної невизначеності. Таке визначення прогнозних значень передбачає допущення, які полягають в тому, що сукупність чинників, яка визначала статистичні значення ступеня впливу, залишається незмінною на прогнозований термін часу. При такому допущенні довгострокове прогнозування значень ступеня впливу факторів не може вважатись задовільним. Якщо дослідник не має статистики чи вона обмежена, то прогнозування значень ступеня слід розглядати в умовах нестохастичної невизначеності. В цих умовах доцільним підходом є використання методів експертного оцінювання. Підхід з використанням нечітких експертних оцінок впливу несприятливих факторів і його реалізація дозволяє значною мірою подолати основні проблеми при пошуково-рятувальних діях в операціях. В якості математичної моделі врахування впливу несприятливих факторів на ефективність пошуково-рятувального забезпечення в операціях об'єднань і угруповань сил ЗСУ визначена ієрархічна модель, що базується на теорії нечітких множин. Запропонована евристична реалізація нечіткого підходу з мінімальною кількістю терм-множин лінгвістичних змінних дозволяє отримати результат в умовах обмежених вхідних даних, що надає можливість оцінити вплив несприятливих факторів на ефективність пошуково-рятувальних дій в умовах невизначеності. Запропонований підхід і його реалізація можуть служити основою для подальшої розробки методів, методики оцінки ефективності пошуково-рятувальних дій з більш гнучким врахуванням впливу несприятливих факторів.

Ключові слова: пошуково-рятувальні дії, лінгвістичні змінні, особа, що приймає рішення, нечітка логічна система, оцінка ефективності пошуково-рятувального забезпечення.

Вступ

Постановка проблеми. Історичний аналіз свідчить, що авіаційні події зазвичай відбуваються в результаті впливу факторів, пов'язаних з багатьма аспектами функціонування авіаційної системи. На сьогоднішній день авіаційній пошуково-рятувальній операції приділяється величезна увага. Практично всі держави мають затверджені на державному рівні плани заходів з пошуку і рятування людей [1–5]. Велике значення при цьому надається підвищенню, оцінці ефективності авіаційних пошуково-рятувальних операцій з врахуванням їх важливості і вартості з подальшим обґрунтуванням застосовувати найбільш ефективні системи для рятування життів, об'єктів з мінімальними ризиками і вартістю.

В умовах євроінтеграції авіаційна система пошуку і рятування України потребує змін, пов'язаних з адаптацією до відповідних стандартів Міжнародної організації цивільної авіації (ICAO) [6–7]. Згідно

з цим проходить реформування авіаційна освіта, система пошуково-рятувальних робіт та оцінка ефективності пошуково-рятувального забезпечення (ПРЗ) в операціях (бойових діях) об'єднань і угруповань сил (військ) Збройних Сил України (ЗСУ), що зумовлює необхідність вивчення та впровадження досвіду європейських країн з ефективного проведення пошуково-рятувальних дій (ПРД) та організації авіаційної освіти.

Оцінка ефективності ПРЗ в операціях об'єднань і угруповань сил (військ) ЗСУ реалізована в спеціальному математичному та програмному забезпеченні комплексу засобів автоматизації авіаційної рятувальної операції [1–8]. Реалізована модель дозволяє прогнозувати ефективність різних можливих (найбільш імовірних) варіантів ПРД для вибору найбільш ефективного варіанту, при цьому під ефективністю системи ПРЗ розуміється кількість людей, аварійних об'єктів, що знаходяться в районі здійснення ПРД, яким буде надана допомога. Ефектив-

ність ПРД в кожному окремому випадку розраховується як ймовірність врятування, надання допомоги людям, заданій кількості аварійних об'єктів. При цьому розрахунок ефективності ПРД в кожному конкретному випадку базується без врахування зовнішніх впливів і коригується ймовірністю несприятливого зовнішнього впливу на хід ПРД.

Отже актуальним є врахування впливу несприятливих факторів на ефективність ПРЗ в операціях об'єднань і угруповань сил (військ) ЗСУ, що дозволить значною мірою підвищити ймовірність несприятливого зовнішнього впливу на хід ПРД.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Підвищення ефективності авіаційної пошуково-рятувальної операції є достатньо поширеною науковою проблематикою, яку розглядає ряд вітчизняних та зарубіжних науковців. Проблеми пошуку та рятування постійно перебувають у центрі наукових досліджень. Основи підготовки фахівців із пошуку і рятування схарактеризовано в дослідженнях Є. Алдошина, Н. Гораніна, В. Поплевко [7–9].

Однак особливості підготовки фахівців в умовах несприятливого зовнішнього впливу факторів на хід пошуково-рятувальних операцій не враховуються.

Основна мета розробленої для канадських збройних сил географічної системи підтримки прийняття рішень SARPlan полягає в оптимізації планування пошукових місій для зниклих літаків. Поряд зі збільшенням шансів знайти втрачений літак і людей застосування системи підтримки прийняття рішень призводить до зниження експлуатаційних витрат операції. Однак модель оптимізації заснована на теорії пошуку, градієнтному методі, спрямована на максимізацію ймовірності успіху місії при забезпеченні доступності пошукових ресурсів та не забезпечує видачу рекомендацій в умовах малої видимості при переході в район аварійних об'єктів і виконанні завдань ПРЗ [10–14].

Суворі математичні моделі описують тільки окремі аспекти реальних процесів або їх ідеалізовані представлення шляхом внесення в математичні моделі поправочних коефіцієнтів або виразів в залежності від різних відхилень реальних умов від ідеалізованих.

Отже, як показав аналіз публікацій за темою дослідження, використання нових підходів щодо врахування впливу несприятливих факторів на ефективність ПРЗ в операціях, має важливість для науки і практики, залишається актуальною та потребує свого вирішення.

Мета статті. Розробка підходу щодо врахування впливу несприятливих факторів на ефективність ПРЗ в операціях об'єднань і угруповань сил (військ) ЗСУ, що дозволить значною мірою підвищити ефективність ПРД в умовах невизначеності.

Виклад основного матеріалу

Вибір найбільш ефективної ПРД в значній мірі визначається адекватністю оцінки ймовірності несприятливого зовнішнього впливу на хід ПРД ($P_{\text{вв}}$). Несприятливі зовнішні впливи на хід ПРД розглядаються як попарно незалежні і спільні імовірнісні події зовнішніх факторів (метеорологічні, фізико-географічні умови, протидія противника, технічні можливості рятувального загону, технічний стан рятувальних суден і засобів рятування, ступінь їх надійності). В умовах повсякденної діяльності ймовірність несприятливого зовнішнього впливу на хід ПРД визначається як

$$P_{\text{вв}} = P_{\text{му}} + P_{\text{т}} - P_{\text{му}} \cdot P_{\text{т}} \quad (1)$$

де $P_{\text{вв}}$ – ймовірність несприятливого зовнішнього впливу на хід ПРД;

$P_{\text{му}}$ – ймовірність несприятливого впливу метеорологічних і фізико-географічних умов;

$P_{\text{т}}$ – ймовірність впливу несприятливих технічних факторів.

Для більш об'єктивного обліку несприятливих факторів вводяться поправочні коефіцієнти обліку різних відхилень реальних умов від ідеалізованих в залежності від очікуваного ступеня їх впливу на кінцевий результат пошуку аварійних об'єктів, переходу в район об'єктів і виконання завдань ПРЗ. Однак в умовах малої видимості при переході в район аварійних об'єктів і виконанні завдань ПРЗ величини $P_{\text{му}}$ і $P_{\text{вв}}$ залишаються незмінними, що ускладнює визначення $P_{\text{му}}$ та вимагає подальшого корегування коефіцієнтів при різних умовах видимості, видах діяльності сил і засобів ПРЗ. До суттєвого огрубіння результату призводить відсутність градацій несприятливих чинників, що знижує ефективність ПРЗ. Вирішити цю проблему можливо шляхом корегування, розширення і врахування умовних ваг несприятливих факторів на основі аналізу результатів проведення спеціальних навчань сил ПРЗ авіації. При розгляді пошуково-рятувальної операції, несприятливі фактори, що впливають на хід ПРД, будуть мати прогнозовані значення. Якщо дослідник має статистику, то задача прогнозування значення ступеня впливу несприятливих факторів може бути поставлена та розв'язана в умовах стохастичної невизначеності. Таке визначення прогнозних значень передбачає допущення, які полягають в тому, що сукупність чинників, яка визначала статистичні значення ступеня впливу, залишається незмінною на прогнозований термін часу. При такому допущенні довгострокове прогнозування значень ступеня впливу факторів не може вважатись задовільним. Якщо дослідник не має статистики чи вона обмежена, то прогнозування значень ступеня слід розглядати в

умовах нестохастичної невизначеності.

В цих умовах прийнятним підходом є використання методів експертного оцінювання [14–20]. Значення окремих прогнозованих факторів знаходяться в деяких межах [19–20].

Це пов'язано з тим, що можна вказати діапазон (інтервал) можливих значень даних, але не можна точно визначити (спрогнозувати) їх конкретні значення. Заміна інтервальних величин середніми значеннями істотно знижує вірогідність результатів прогнозування, так як підвищення деталізації припущень про метеорологічні і фізико-географічні умови, технічні фактори без достатніх на те підстав, знижує ефективність результатів ПРД.

Останнім часом більшого практичного застосування знаходять моделі подання знань, засновані на нечітких множинах і нечіткій логіці [17–23]. Нечіткі множини і нечітка логіка використовуються для формалізації задач, які чинять спротив суворій формалізації, що мають логіко-аналітичний характер, а в якості вхідних або вихідних даних мають невизначені (нечіткі) дані. Основоположник теорії нечітких множин Л. Заде відзначав, що в багатьох областях науки неточність і невизначеність зазвичай вводяться за допомогою понять і методів теорії ймовірності. Основна відмінність між випадковістю і нечіткістю в тому, що випадковість пов'язана з невизначеністю належності чи неналежності об'єкта до чіткої множини, а нечіткість характеризує ступінь приналежності об'єкта до даного класу [18]. Таким чином, в якості математичної моделі врахування впливу не-

сприятливих факторів на ефективність ПРЗ в операціях об'єднань і угруповань сил (військ) ЗСУ визначена ієрархічна модель, що базується на теорії нечітких множин та включає наступні множини:

– множина вхідних впливів;

– множина станів $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, що представляє собою лінгвістичні змінні, які характеризуються наборами $(x_i, S(x_i), X_i, G_i, M_i)$, $i = \overline{1, n}$ (x – назва лінгвістичної змінної, $S(x)$ – терм-множина змінної x , елементи якої $\alpha_j, j = \overline{1, n}$ – суть на-

йменування нечітких змінних $\langle \alpha, X, \tilde{C}(\alpha) \rangle$ як лінгвістичних значень лінгвістичної змінної, де X – область визначення нечіткої змінної, $\tilde{C}(\alpha) = \{ \mu_{\tilde{C}(\alpha)}(x) / x \}$, $x \in X$, $\mu_{\tilde{C}(\alpha)}(x)$ – значення функції приналежності;

G – синтаксичне правило, що породжує найменування змінної $\alpha \in S(x)$;

M – синтаксичне правило, що ставить у відповідність кожній змінній $\alpha \in S(x)$ нечітку множину $\tilde{C}(\alpha)$;

– множина вихідних значень;

– відображення виходу R , яке визначається множиною наборів правил $R = \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$, таких що:

$$R: \begin{cases} \text{IF } x_1 = \alpha_1^1 \text{ AND } x_2 = \alpha_2^1 \dots \left[\text{AND } x_k = \alpha_k^1 \right] \dots x_n = \alpha_n^1, \\ \text{THEN } y_1 = d_1; \\ \text{IF } x_1 = \alpha_1^2 \text{ AND } x_2 = \alpha_2^2 \dots \left[\text{AND } x_k = \alpha_k^2 \right] \dots x_n = \alpha_n^2, \\ \text{THEN } y_2 = d_2; \\ \dots \dots \dots \\ \text{IF } x_1 = \alpha_1^m \text{ AND } x_2 = \alpha_2^m \dots \left[\text{AND } x_k = \alpha_k^m \right] \dots x_n = \alpha_n^m, \\ \text{THEN } y_m = d_m. \end{cases} \quad (2)$$

де k_i – кількість правил у наборі r_i , $i = \overline{1, n}$ (елементи у квадратних дужках є необов'язковими).

Кількість правил набору перебуває в діапазоні $0 < k_i \leq \prod_{i=1}^n \text{card}(S(x_i))$, де $\text{card}(S(x_i))$ – потужність

терм-множини змінної x_i , $i = \overline{1, n}$. Виходячи з того, що будь-яка ієрархічно організована структура заснована на класифікаційних ознаках побудови дерева ієрархії для відображення взаємозв'язку частково впорядкованих множин, то в якості остова дерева використовується ієрархія задач, розв'язуваних при

оцінці ефективності ПРЗ авіації.

Тип алгоритму нечіткого виводу, що використовується в нечіткій логічній системі, визначається структурою нечітких правил; процедурою фазифікації, агрегування, активізації, акумулювання і дефазифікації. Причому вибір реалізації навіть одного компонента часто визначає і вибір всіх інших компонентів і власне типу алгоритму нечіткого виведення [16].

Для нечіткої системи с входами $x_1 \in X_1, \dots, x_p \in X_p$ та одним виходом $y \in Y$, нечіткий логічний висновок в загальному вигляді можливо представити

R^i : ЯКЩО

$$x_1 = \tilde{A}_1^i \dots x_n = \tilde{A}_n^i \text{ ТОДИ } y = \tilde{B}^i, i = 1, \dots, M. \quad (2)$$

Розглянутий підхід щодо врахування впливу несприятливих факторів на ефективність ПРЗ дозволяє забезпечити ергономічний інтерфейс автоматизованого робочого місця, в якому на екрані здійснюється вибір значень впливів несприятливих факторів при різних видах діяльності сил і засобів ПРЗ у вигляді рухомих бігунків.

Значення оцінки ефективності ПРЗ в операціях перераховується при кожному переміщенні оператором (експертом) бігунка вздовж горизонтальної осі будь-якого графіка вербальної оцінки впливу несприятливих факторів. При наявності декількох експертів їх думки, якщо вони різняться, можуть бути зведені до спільної думки застосуванням, наприклад, методу Дельфі з контролем відхилення від одиниці значення дисперсійного коефіцієнта конкордації [11].

Висновки

Таким чином, оцінка ефективності ПРЗ в операціях об'єднань і угруповань сил (військ) ЗСУ реалізована в спеціальному математичному та програмному забезпеченні комплексу засобів автоматизації авіаційної рятувальної операції. Реалізовані математичні моделі описують тільки окремі аспекти реальних процесів або їх ідеалізовані представлення шляхом внесення в математичні моделі поправочних коефіцієнтів або виразів залежно від різних відхилень реальних умов від ідеалізованих. Якщо дослідник має статистику, то задача прогнозування значення ступеня впливу несприятливих факторів може бути поставлена та розв'язана в умовах стохастичної невизначеності. Таке визначення прогнозних зна-

чень передбачає допущення, які полягають в тому, що сукупність чинників, яка визначала статистичні значення ступеня впливу, залишається незмінною на прогнозований термін часу. При такому допущенні довгострокове прогнозування значень ступеня впливу факторів не може вважатись задовільним. Якщо дослідник не має статистики чи вона обмежена, то прогнозування значень ступеня слід розглядати в умовах нестохастичної невизначеності. В цих умовах доцільним підходом є використання методів експертного оцінювання. Підхід з використанням нечітких експертних оцінок впливу несприятливих факторів і його реалізація дозволяють значною мірою подолати основні проблеми при ПРД в операціях.

В якості математичної моделі врахування впливу несприятливих факторів на ефективність ПРЗ в операціях об'єднань і угруповань сил (військ) ЗСУ визначена ієрархічна модель, що базується на теорії нечітких множин. Введення лінгвістичних змінних впливів несприятливих факторів і визначенням їх терм-множин зменшує грубість оцінки ефективності ПРЗ через відсутність градацій впливу більшості несприятливих факторів. Запропонована евристична реалізація нечіткого підходу з мінімальною кількістю терм-множин лінгвістичних змінних дозволяє отримати результат в умовах обмежених вхідних даних, що надає можливість оцінити вплив несприятливих факторів на ефективність ПРЗ в умовах невизначеності.

Запропонований підхід і його реалізація можуть служити основою для подальшої розробки методів, методики оцінки ефективності ПРЗ з більш гнучким врахуванням впливу несприятливих факторів.

Список літератури

1. Про затвердження Положення про Державну авіаційну службу України : Постанова Каб. Міністрів України від 8 жовт. 2014 р. № 520. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws> (дата звернення: 30.03.2021).
2. Положення про регулювання діяльності державної авіації України : Наказ міністерства оборони України від 10 січня 2014 р. № 14. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0149-14#Text> (дата звернення: 30.03.2021).
3. Про затвердження Авіаційних правил України : Наказ Держ. авіаційної служби України від 27 груд. 2019 р. № 1817. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0352-20#Text> (дата звернення: 30.03.2021).
4. Про затвердження Порядку проведення авіаційних операцій (робіт) з пошуку і рятування у разі авіаційної події в районі відповідальності України за пошук і рятування : Наказ міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи, міністерства внутрішніх справ України, міністерства оборони України, міністерства транспорту України від 15 грудня 2000 р. № 333/863/467/708. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0018-01#Text> (дата звернення: 30.03.2021).
5. Про затвердження Правил пошуково-рятувального забезпечення польотів державної авіації України : Наказ Міністерства оборони України від 29 грудня 2016 р. № 736. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0175-17#Text> (дата звернення: 30.03.2021).
6. Annex 12 to the Convention on International Civil Aviation "Search and Rescue". Montreal : ICAO, 2004. 27 p.
7. IAMSAR manual : international aeronautical and maritime search and rescue manual v. 2. "Mission coordination". – Doc. IMO/ICAO 9731 – AN/958, – London, Montreal : ICAO, 2013. 478 p.
8. Суркова К. В., Ломакіна М. Є. Порівняльне дослідження у сфері професійної підготовки авіаційних фахівців. *Знання*. 2016. № 5(142). С. 65–74.

9. Рева О. М., Мандрик Я. С. Чинники ризику в організації пошуково-рятувальних робіт. *Авиационно-космическая техника и технология: научно-технический журнал*. 2009. № 1(58). С. 97–102.
10. Abi-Zeida I., Frost J. R. SARPlan: A decision support system for Canadian Search and Rescue Operations. 2005. № 162(3). Р. 630–653. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2003.10.029> (дата звернення: 30.03.2021).
11. Правила авіаційного пошуку і рятування в Україні : Наказ міністерства внутрішніх справ України від 16 бер. 2015 р. № 279. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0364-15#Text> (дата звернення: 30.03.2021).
12. Підсумки діяльності авіаційної галузі України за 2020 рік : веб-сайт. URL: <http://www.avia.gov.ua/documents/diyalnist/pidsumki%20diyalnosti/23725.html> (дата звернення: 29.03.2021).
13. Honcharenko Y. V. Культура безпеки польотів державної авіації України. *Наука і оборона*. 2019. № 1. С. 36–39.
14. Тимочко О. І., Зуєв П. П. Метод оцінки ступеня небезпеки нештатних ситуацій у повітряному просторі. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2017. № 1(26). С. 49–53.
15. Харченко В. П., Лазоренко В. А. Системи підтримання прийняття рішень авіаційних диспетчерів під час управління повітряним рухом. *Вісник Національної Академії України*. 2008. № 1. С. 30–36.
16. Олизаренко С. А., Перепелица А. В., Капранов В. А. Интервальные нечеткие множества типа 2. Терминология, представление, операции. *Системы обработки информации*. 2011. № 2(92). – С. 39–45.
17. Королюк Н. О., Першин О. В., Грідньова Т. О., Шевченко С. О. Обґрунтування сучасного підходу щодо автоматизації процесів прийняття рішень по управлінню авіацією. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*. 2019. № 1(59). С. 32–39. <https://doi.org/10.30748/zhups.2019.59.04>.
18. Saaty T. Structures in decision making: On the subjective geometry of hierarchies and networks. *European Journal of Operational Research*. 2009. № 199. Р. 867–872.
19. Королюк Н. О., Корольов Р. В., Коршець О. А. Процедура формалізації даних, які використовуються при описі процесу управління рухом повітряних об'єктів. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*. 2017. № 4(53). С. 103–106.
20. Korolyuk N. An approach to prediction of the telecommunication network quality parameters under the conditions of non-stochastic uncertainty. *Telecommunications and Radio Engineering*. 2017. Vol. 76. Р. 1027–1032.
21. Ярушек В. Е., Прохоров В. П., Мишин А. В., Судаков Б. Н. Теоретические основы автоматизации процессов выработки решений в системах управления. Харків : ХУВС, 2011. 355 с.
22. Ротштейн О. П., Ракитянська Г. Б. Діагностика на базі нечітких відношень в умовах невизначеності : монографія. Вінниця : УНІВЕРСУМ, 2006. 275 с.
23. Korolyuk N. Hybrid model of knowledge for situation recognition in airspace. *Automatic Control and Computer Sciences*. 2014. Vol. 49. Р. 16–25.

Надійшла до редколегії 19.05.2021

Схвалена до друку 13.07.2021

Відомості про автора:**Ситник Юрій Борисович**

кандидат технічних наук
завідувач кафедри Льотної академії
Національного авіаційного університету,
Кропивницький, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-0966-691X>

Information about the author:**Yuriy Sytnyk**

Candidate of Technical Sciences
Head of the Department
of Flight Academy of National Aviation University,
Kropyvnytskyi, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-0966-691X>

ПОДХОД ПО УЧЕТУ ВОЗДЕЙСТВИЯ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ФАКТОРОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОИСКОВО-СПАСАТЕЛЬНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ОПЕРАЦИЯХ

Ю.Б. Ситник

В статье проведен анализ факторов, влияющих на оценку эффективности поисково-спасательного обеспечения в операциях объединений и группировок сил (войск) Вооруженных Сил Украины. Данный вид обеспечения реализован в специальном математическом и программном обеспечении комплекса средств автоматизации авиационной спасательной операции. Реализованные математические модели описывают только отдельные аспекты реальных процессов или их идеализированные представления. Для этого вносятся поправочные коэффициенты или выражения в модели. Их характер определяется в зависимости от различных отклонений реальных условий от идеализированных. Если исследовать статистику, то задача прогнозирования степени влияния неблагоприятных факторов может быть поставлена и решена в условиях стохастической неопределенности. Такое определение прогнозных значений предполагает введение определенного допущения. Оно заключается в том, что совокупность факторов, которая определяла статистические значения степени влияния, остается неизменной на прогнозируемый период времени. При таком допущении долгосрочное прогнозирование значений степени влияния факторов не может считаться удовлетворительным. Если исследователь не имеет статистики или она ограничена, то прогнозирования значений степени следует рассматривать в условиях нестохастической неопределенности. В этих условиях целесообразным подходом является использование методов экспертного оценивания. Подход с использованием нечетких экспертных оценок влияния неблагоприятных факторов и его реализация позволяет в значительной мере преодолеть основные проблемы при поисково-спасательных действиях в операциях. В качестве математической модели учета влияния неблагоприятных факторов на эффективность поиско-

во-спасательного обеспечения в операциях объединений и группировок сил определена иерархическая модель. Она базируется на теории нечетких множеств. Предложенная эвристическая реализация нечеткого подхода с минимальным количеством терм-множеств лингвистических переменных позволяет получить результат в условиях ограниченных исходных данных. Это дает возможность оценить влияние неблагоприятных факторов на эффективность поисково-спасательных действий в условиях неопределенности. Предложенный подход и его реализация могут служить основой для дальнейшей разработки методов и методик оценки эффективности поисково-спасательных действий с более гибким учетом влияния неблагоприятных факторов.

Ключевые слова: поисково-спасательные действия, лингвистические переменные, лицо, принимающее решение, нечеткая логическая система, оценка эффективности поисково-спасательного обеспечения.

APPROACH TO ACCOUNTING THE IMPACT OF ADVERSE FACTORS ON THE EFFICIENCY OF SEARCH AND RESCUE SUPPORT IN OPERATIONS

Yu. Sytnyk

The article analyzes the factors influencing the assessment of the effectiveness of search and rescue support in the operations of large formations and groupings of forces (troops) of the Armed Forces of Ukraine. This type of support is implemented in special mathematical and software support for a complex of automation equipment for an aviation rescue operation. The implemented mathematical models describe only certain aspects of real processes or their idealized representations. For this, correction factors or expressions are introduced in the model. Their character is determined depending on various deviations of real conditions from idealized ones. If we study statistics, then the problem of predicting the degree of influence of unfavorable factors can be posed and solved under conditions of stochastic uncertainty. Such determination of the forecast values implies the introduction of a certain assumption. It consists in the fact that the set of factors that determined the statistical values of the degree of influence remains unchanged for the forecast period of time. With this assumption, long-term forecasting of the values of the degree of influence of factors cannot be considered satisfactory. If the researcher does not have statistics or it is limited, then predicting the values of the degree should be considered in terms of non-stochastic uncertainty. In these conditions, a reasonable approach is the use of expert assessment methods. The approach using fuzzy expert assessments of the influence of unfavorable factors and its implementation makes it possible to largely overcome the main problems in search and rescue operations in operations. A hierarchical model has been defined as a mathematical model for taking into account the influence of unfavorable factors on the effectiveness of search and rescue support in the operations of large formations and groupings of forces. It is based on fuzzy set theory. The proposed heuristic implementation of the fuzzy approach with a minimum number of term sets of linguistic variables allows one to obtain a result in conditions of limited initial data. This makes it possible to assess the influence of unfavorable factors on the effectiveness of search and rescue operations in conditions of uncertainty. The proposed approach and its implementation can serve as a basis for the further development of methods and techniques for assessing the effectiveness of search and rescue actions with a more flexible consideration of the influence of adverse factors.

Keywords: search and rescue actions, linguistic variables, decision maker, fuzzy logical system, evaluation of the effectiveness of search and rescue support.