Н.О. Королюк, А.В. Леонов, М.Р. Будков, Д.А. Литвин

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

ОСОБЛИВОСТІ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ВИРОБЛЕННЯ РІШЕНЬ ПРИ ОЦІНЦІ ПОВІТРЯНОЇ ОБСТАНОВКИ НА ПУНКТАХ УПРАВЛІННЯ ПОВІТРЯНИХ СИЛ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

У статті пропонується підхід по формалізації знань щодо розпізнавання дій повітряного противника з метою автоматизації процесів оцінки повітряної обстановки на пунктах управління Повітряних Сил з урахуванням невизначеності. В якості моделі представлення знань про процеси розпізнавання варіантів дій повітряного противника в умовах невизначеності, пропонується використовувати інтервальні нечіткі множини 2 порядку і засновані на них нечіткі логічні системи, що дозволяють в загальному випадку формалізувати задачі, що мають логіко-аналітичний характер.

Ключові слова: задум повітряного нападу, оцінка повітряної обстановки, засіб повітряного нападу, особа, що приймає рішення, нечітка логічна система, інтервальна нечітка множина 2 порядку.

Вступ

Постановка проблеми. Сучасні загрози українській державності з боку РФ вимагають пошуку адекватної відповіді на щоденні виклики. Це видається неможливим без теоретико-методологічного осмислення сутності сучасних збройних зіткнень, аналізу, вивчення та узагальнення світового досвіду протистояння воєнній загрозі [1].

Аналіз застосування сил і засобів збройної боротьби в ході останніх збройних конфліктів свідчить, що основною тенденцією застосування військ є перехід від концепції “платформно-центричної війни”, де основний акцент робився на кількості озброєння та військової техніки, у бік “мережецентричних війн”, основою яких є інтеграція всіх сил і засобів у єдиному інформаційному просторі, що дозволяє суттєво підвищити ефективність їх бойового застосування за рахунок зменшення тривалості циклу бойового управління. Підвищення ефективності управління можливе за рахунок практичної організації єдиного бойового управління всіма військами і силами авіації і протиповітряної оборони (ППО) [1–4].

Досвід локальних війн та конфліктів останнього десятиріччя свідчить, що угруповання сил та засобів повітряного нападу (ЗПН) здатні виконувати оперативно-тактичні і стратегічні завдання, що обумовлює підвищення значення боротьби у повітряному просторі для досягнення успіху не лише в окремих операціях збройних сил, але й у війні в цілому [1–2]. Проведений аналіз збройних конфліктів дозволив визначити наступні особливості повітряних операцій:

- старанне планування наступальних операцій з використанням нових інформаційних технологій;

- використання нових тактичних прийомів;
- висока динамічність бойових дій з використанням всіх видів авіації, ракетних військ, засобів радіо-електронної боротьби, розвідки;
- значна невизначеність обстановки перед початком і в ході ведення бойових дій, що ускладнює своєчасне прийняття обґрунтованих рішень та їх корегування.

Використання ЗПН передбачає зростання вимог до процесу управління з пунктів управління (ПУ) підпорядкованими силами та засобами [3]. Однією з вимог щодо ефективної боротьби з повітряним противником (ПП) є своєчасна оцінка повітряної обстановки (ПО) та прийняття рішення щодо подальших дій підпорядкованими силами та засобами. Зростаючи динамічність та швидкоплинність бойових дій, висока ступінь невизначеності обстановки, жорсткі часові рамки, необхідність оперативного аналізу та врахування значної кількості різномірних факторів свідчать про необхідність підвищення рівня автоматизації процесів оцінки ПО, визначення задуму ПП та розпізнавання варіантів його дій.

Розпізнавання замислу дій ПП є найбільш складною та слабо структурованою задачею, яка стоїть перед особою, що приймає рішення (ОПР). На теперішній час її рішення лежить в площині емпіричних знань людини, що на основі отриманої різномірної інформації і власного досвіду та інтелекту, викриває замисел його дій. Однак, розвиток методів штучного інтелекту для рішення слабо структурованих задач, а також використання теорії нечітких множин дозволило реалізувати задачу розпізнавання замислу дій ПП у складі системи підтримки прийняття рішення (СППР). Отже перспективним напрямком автоматизації процесу вироблення рішень при

оцінки ПО є вдосконалення спеціального математичного і програмного забезпечення (СМПЗ) АСУ за рахунок використання інтелектуальних інформаційних технологій [9–14].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розробці та використанню інтелектуальних інформаційних технологій для автоматизації процесів управління та розпізнавання дій ПП присвячений цілий ряд робіт [5–8]. У роботі [5] запропонований підхід до формалізації процесу виявлення ударів ПП з використанням евристичного методу нечіткої кластеризації Кутюрє-Фьолео; у роботі [6] запропоновано підхід до формалізації процесу розпізнавання повітряних ударів противника з використанням алгоритму нечіткого виведення Сугено 0-порядку; у роботі [7–8] розроблений та обґрунтований склад формалізованих знань процесів розпізнавання варіантів дій ПП на КП ПС Збройних Сил України. Однак питання щодо розробки і використання методів формалізації, консолідації знань щодо процесів розпізнавання варіантів дій ПП при оцінці повітряної ПО в умовах невизначеності є недостатньо дослідженими.

Мета статті. Розробка підходів по формалізації знань щодо розпізнавання дій ПП з метою автоматизації процесів оцінки повітряної обстановки на ПУ ПС з урахуванням невизначеності.

Виклад основного матеріалу

Одним з основних етапів оцінки ПО в ході ведення бойових дій є розпізнавання варіантів дій ПП. Найбільш важливими показниками вирішення даного завдання є оперативність і обґрунтованість. Підвищення оперативності розпізнавання варіантів дій дозволяє збільшити наявний час для прийняття рішень на відображення удару противника, а підвищення обґрунтованості – забезпечити вибір найбільш раціонального варіанту відбиття удару. Одним з основних напрямків підвищення оперативності є прискорення процесу вирішення даної задачі з використанням засобів автоматизації, що, в свою чергу, визначає необхідність алгоритмізації вирішення даного завдання в рамках удосконалення відповідного СМПЗ. Основна роль СМПЗ в підвищенні оперативності полягає в збільшенні інформативності рекомендацій, що виробляються засобами автоматизації, шляхом узагальнення даних, зіставлення їх з раніше прийнятими рішеннями, виявлення тенденції розвитку процесу і т. ін. [16–18].

Обґрунтованість рішення – це властивість системи управління, що полягає в її здатності знаходити правильні рішення. Підвищення обґрунтованості визначає необхідність використання в засобах автоматизації (ЗА) всієї наявної інформації про процеси вирішення завдання, забезпечення можливості розг-

ляду множини варіантів її вирішення, обліку невизначеності знань про ці процеси [19].

Важливість оперативного і обґрунтованого розпізнавання варіантів дій ПП полягає в тому, що:

- в ході підготовки до ведення бойових дій на етапі планування прогнозуються можливі варіанти дій повітряних об'єктів. Потім, відповідно до прогнозованих варіантів дій розробляються варіанти їх відображення. На основі прийнятих варіантів відбиття ударів будується система ППО;

- в ході ведення бойових дій за результатами зіставлення характеристик виявлених і прогнозованих ударів визначається варіант дій повітряних об'єктів. Далі ОПР приймає рішення про дії підлеглих сил і засобів за розробленим на етапі планування варіанту відбиття удару повітряних об'єктів.

Основна складність вирішення даної задачі полягає в тому, що ініціатива у виборі напрямків і способів дій належить противнику. У зв'язку із цим необхідно враховувати характер [9–15] дій противника (його задум, цілі, задачі, можливі способи їхнього виконання); фактичне положення ЗПН противника в просторі в поточний момент часу, а також накопичені дані про положення ЗПН за весь період спостереження, що дасть можливість проводити прогнозування розвитку обстановки та вчасно виявляти можливі її зміни; положення своїх об'єктів оборони; стан своїх сил і засобів; знання про імовірні способи і прийоми ведення бойових дій повітряним противником. Вирішення задачі визначення напрямку удару ЗПН на етапі безпосередньої підготовки до ведення бойових дій проводиться за обмежений час, в умовах високих інформаційних і психологічних навантажень на ОПР а також на осіб відповідальних за збір, обробку й попередню оцінку інформації про повітряну обстановку.

Аналіз СМПЗ існуючих ЗА дозволяє стверджувати, що процеси розпізнавання варіантів дій повітряних об'єктів автоматизовані недостатньо. Це призводить до того, що розпізнавання здійснюється або тільки на основі суб'єктивних оцінок ОПР, або з використанням результатів розв'язання окремих інформаційно-розрахункових завдань. При цьому результати аналітичної роботи відповідних органів управління в алгоритмах ЗА практично не враховуються. Забезпечення необхідного рівня автоматизації процесів розпізнавання варіантів дій повітряних об'єктів утруднено тим, що в ході бойової роботи ОПР використовують в основному власні знання і досвід, які важко формалізуються з використанням відомих інформаційних технологій.

Після прийняття на озброєння виробу 9С162 в стаціонарному та рухомому варіанті можливим стало автоматизоване вирішення задач розрахункового характеру та задач узагальнення інформації. У той же час, існуючі алгоритми розпізнавання варіантів

дій ПП не забезпечують облік невизначеності знань про ці процеси, враховують деякі особливості процесу виявлення або процесу розпізнавання напрямків ударів без урахування в комплексі знань про всі етапи визначення напрямків ударів [16–20].

Використання когнітивного методу відкриває можливості щодо створення інтелектуальних систем, які відрізняються високим ступенем адаптивності до зовнішніх умов, здатністю до самонавчання. Використання когнітивних методів забезпечує такі можливості ЗА, завдяки яким рішення задач оцінки ПО в цілому, і зокрема задач розпізнавання варіантів його дій, обмежується в основному технічними характеристиками обчислювальних засобів.

Таким чином, з точки зору подальшої алгоритмізації, пропонується процес розпізнавання варіантів дій ПП уявити як взаємозалежне послідовне виконання наступних основних етапів:

- прогнозування можливих варіантів дій повітряних об'єктів за результатами оцінки ПО в ході підготовки (етап планування);

- виявлення поточних ударів повітряних об'єктів в ході ведення бойових дій;

- розпізнавання варіантів дій повітряних об'єктів. Даний етап виконується за допомогою встановлення ступеня близькості виявлених ударів з кожним з ударів зі складу прогнозованих варіантів дій повітряних об'єктів (порівнянням значень параметрів виявленого і прогнозованих ударів) і вибору варіанта має найбільший ступінь близькості.

Знанням про процес розпізнавання варіантів дій ПП властива невизначеність:

- деякі значення параметрів прогнозованих ударів повітряних об'єктів, наприклад, кількісний склад, ширина фронту смуги прориву та ін., знаходяться в деяких межах і, як правило, досить великих. При цьому можна вказати діапазон (інтервал) можливих значень, але не можна точно визначити (спрогнозувати) їх конкретні значення. Заміна інтервальних величин середніми значеннями істотно знижує достовірність отриманих результатів, так як підвищення деталізації припущень про поведінку, без достатніх на те підстав, збільшує ймовірність того, що результат, отриманий в ході підготовки, буде істотно відрізнятися від реалізованого в ході бойових дій;

- деякі значення характеристик ударів повітряних об'єктів для ОПР природніше представляти не у вигляді числових значень, а в вигляді лінгвістичних значень;

- більшість виявлених поточних ударів повітряних об'єктів розмиті за своєю природою в силу існуючої невизначеності, властивої характеру вихідної інформації;

- в результаті розпізнавання однозначно стверджувати про подібність або несхожість виявлених і

прогнозованих ударів некоректно, в силу об'єктивно існуючих (наприклад, через похибки засобів виявлення) відмінностей між значеннями характеристик виявлених і прогнозованих ударів;

- з формальної точки зору, знання безпосередньо про процес розпізнавання варіантів дій ПП представляються у вигляді сукупності евристичних правил, тобто правил, які використовуються для пошуку рішень при відсутності чіткої структури розв'язуваної задачі і в умовах використання нечітких даних.

Виходячи з математичної постановки задачі формалізації знань про прогнозовані варіанти дій ПП пропонується використовувати інтервальні нечіткі множини 2 порядку (ІНМТ2). При цьому сукупність нечітких продукційних правил в подальшому будемо називати базою правил (БП), яка в загальному випадку призначена для формального подання емпіричних знань або знань експертів (ОПР) про предметну область на основі ІНМТ2 [13–16; 63; 86; 88–92]. У загальному випадку, БП розрізняють за типом нечітких продукційних правил [83]:

- нечіткі висловлювання;

- чіткі висловлювання;

- функції;

- і за структурою нечітких продукційних правил:

- SISO структура реалізує один вхід і один вихід;

- MISO структура реалізує багато входів і один вихід;

- MIMO структура реалізує багато входів і багато виходів.

При розробці методу формалізації знань про прогнозовані варіанти дій ПП в якості нечіткого продукційного правила будемо використовувати правила з MISO-структурою, де в якості умов використовуються характеристики прогнозованих повітряних ударів, а в якості висновків використовується значення (номера класів (прогнозованих ударів ПП)). Формальне представлення прогнозованих ударів ПП як сукупності нечітких продукційних правил або формування бази правил для кожного можливого удару ПП в рамках розробленого методу здійснюється за результатами формування описів класів згідно з виразами (1), (2) з використанням правил нечітких продукцій у вигляді [17–18].

$$R: IF \beta_i \text{ is } \alpha_i \text{ AND } \dots \text{ AND } \beta_n \text{ is } \alpha_n \text{ THEN } \beta_{n+1} = c_j^p, \quad (1)$$

де β_i – найменування вхідної лінгвістичної змінної (ЛЗ), що задається кортежем $\langle \beta_i, T_i, X_i, M_i \rangle$, де $i = 1, \dots, n$ і n – кількість вхідних ЛЗ;

$T_i = \{ \alpha_i \}$ – безліч значень (термів) вхідний ЛЗ

правила R , кожне з яких представляє собою назву нечіткої змінної (НЗ) для опису значень параметрів

ешелонів ударів ПП; X_i – область значень НЗ, найменування яких входять в T_i ;

M_i – семантична процедура, яка має у відповідність значенням ЛЗ нечітка множина.

Відзначимо, що синтаксична процедура генерування нових значень для ЛЗ не використовується, так як всі значення ЛЗ в рамках запропонованого підходу визначаються на етапі формування бази правил;

β_{n+1} – найменування вихідної ЛЗ (“удар ПП”), що задається кортежем

$$\langle \beta_{n+1}, T_{n+1}, Y, M_{n+1} \rangle, \quad (2)$$

де $T_{n+1} = C_p = \{c_j^p\}$ – безліч значень (термів) вихідний ЛЗ правила R , кожне з яких представляє собою найменування класу (прогнозованого удару ПП);

Y – область значень термів, найменування яких входять в T_{n+1} , що представляють номер класу (прогнозованого удару ПП);

M_{n+1} – семантична процедура, яка має у відповідність значенням ЛЗ.

З точки зору математичної формалізації, нечітке продукційне правило, представлене виразом (1), розглядається як нечітка імплікація виду [92].

$$\tilde{A} \rightarrow \tilde{B}, \quad (3)$$

де $\tilde{A} \subseteq X$ і $\tilde{B} \subseteq Y$ – ІНМТ2, що представляють відповідно умову і висновок.

Кількість правил для завдання, де безліч можливих ударів ПП являє собою $C_p = \{c_1^p, c_2^p, \dots, c_m^p\}$, становить $\text{card } C_p = |C_p| = m$.

Правило, що визначає приналежність удару до класу c_1^p , згідно виразів (1) – (3), буде мати наступний вигляд (у трьох варіантах формального подання):

$$\begin{aligned} R_1 : & \text{"кількісний склад ЗПН противника" is} \\ & \text{"менш 13,15 ЗПН противника"} \\ \text{AND} & \text{"напрямок дій ЗПН противника" is} \\ & \text{"східний напрямок"} \\ \text{AND} & \text{"ширина фронту удару ЗПН противника" is} \\ & \text{"в діапазоні 60, 62 – 103, 105 км"} \\ \text{AND} & \text{"значимість удару ЗПН противника" is} \\ & \text{"висока"} \\ \text{THEN} & \text{"реальний напрямок удару ЗПН противника" =} \\ & \text{"напрямок №1"} \end{aligned} \quad (4)$$

Сукупність нечітких продукційних правил у вигляді виразів (4) являє собою БП. Дані правила формуються для кожного прогнозованого варіанта дій ПП і використовуються в подальшому в якості вхідних даних методу формалізації знань про процес

розпізнавання варіантів дій ПП на основі нечітких логічних систем (НЛС).

Процес зіставлення значень параметрів ударів ПП, спрогнозованих в ході підготовки до ведення бойових дій, зі значеннями параметрів поточних ударів ПП, виявлених в ході ведення бойових дій, подальшого віднесення виявленого удару до одного з прогнозованих і вибір варіанту дій ПП, з максимальним значенням ступеня відповідності прогнозованих ударів з виявленими будемо називати розпізнаванням варіантів дій ПП.

Так як за результатами розпізнавання безпосередньо приймається рішення про дії підлеглих сил і засобів за спрощеним варіантом, передбаченим на етапі планування в ході підготовки до ведення бойових дій, то завдання розпізнавання варіантів дій ПП можна вважати, як одну з найбільш важливих завдань оцінки ПП в ході ведення бойових дій.

Виходячи із запропонованої структури нечітких продукційних правил (правила з MISO-структурою) в якості алгоритму нечіткого виведення НЛС для вирішення завдань нечіткої класифікації (розпізнавання варіантів дій ПП) пропонується використання алгоритму Сугено 0-го порядку.

При цьому відзначимо, що процедура акумулювання в даному алгоритмі відсутня внаслідок чітких вихідних значень, а процедуру дефазифікації використовувати не будемо внаслідок того, що в рамках даної роботи БП включає мінімальну кількість нечітких продукційних правил.

Висновки

Таким чином, перспективним напрямком автоматизації процесів розпізнавання є вдосконалення спеціального математичного та програмного забезпечення АСУ на основі використання інтелектуальних інформаційних технологій. На даний момент не існує методів формалізації знань в досліджуваній предметній області, що обґрунтовує актуальність та необхідність розробки підходів по формалізації знань щодо розпізнавання дій ПП з метою автоматизації процесів оцінки повітряної обстановки на ПУ ПС з урахуванням невизначеності.

В якості моделі представлення знань про процеси розпізнавання варіантів дій ПП в умовах невизначеності пропонується використовувати інтервальні нечіткі множини 2 порядку і засновані на них нечіткі логічні системи, що дозволяють в загальному випадку формалізувати задачі, що мають логіко-аналітичний характер.

Правила формуються для кожного прогнозованого варіанта дій ПП і використовуються в подальшому в якості вхідних даних для реалізації логічного виводу нечіткої логічної системи. Процес зіставлення значень параметрів ударів ПП, спрогнозованих в ході підготовки до ведення бойових дій, зі

значеннями параметрів поточних ударів ПП, виявлених в ході ведення бойових дій, подальшого віднесення виявленого удару до одного з прогнозованих і вибір варіанту дій ПП, з максимальним зна-

ченням ступеня відповідності прогнозованих ударів з виявленими забезпечує автоматизацію розпізнавання варіантів дій ПП і оцінку ПО.

Список літератури

1. Даник Ю.Г. Сучасні інформаційні технології в забезпеченні національної безпеки і оборони / Ю.Г. Даник, О.Ю. Пермяков // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки і оборони. – 2018. – № 5. – С. 159-174.
2. Степанов Г.С. Погляди щодо проблемних питань застосування Повітряних Сил в протиповітряній обороні / Г.С. Степанов, В.В. Камінський, М.А. Павленко // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2018. – № 1(30). – С. 18-23. <https://doi.org/10.30748/nitps.2018.30.03>.
3. Аналіз застосування безпілотних літальних апаратів в сучасних збройних конфліктах та АТО на Сході України / В.В. Камінський, В.В. Тюрін, О.А. Коршець, Н.О. Королюк // Наука і оборона. – 2017. – № 3(4). – С. 4-8.
4. Камінський В.В. Боротьба з повітряним тероризмом має починатися з землі / В.В. Камінський // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2014. – № 1(14). – С. 16-23.
5. Олизаренко С.А. Нечеткие множества типа 2. Терминология и представление / С.А. Олизаренко, Е.В. Брежнев, А.В. Перепелица // Системи обробки інформації. – 2010. – № 8(89). – С. 131-140.
6. Олизаренко С.А. Интервальные нечеткие множества типа 2. Терминология, представление, операции / С.А. Олизаренко, А.В. Перепелица, В.А. Капранов // Системи обробки інформації. – 2011. – № 2(92). – С. 39-45.
7. Носик А.М. Метод формализации знаний о возможных вариантах действий воздушного противника, спрогнозированных в ходе подготовки к ведению боевых действий / А.М. Носик, А.В. Перепелица, О.С. Бодяк // Системи озброєння та військова техніка – 2013. – № 1(108). – С. 133-137.
8. Субботин С.А. Интеллектуальные информационные технологии проектирования автоматизированных систем диагностирования и распознавания образов: монография / С.А. Субботин, А.А. Олейник, Е.А. Гофман. – Х.: Компания Смит, 2016. – 317 с.
9. Aleksanyan A. The structure of the concepts of national and international security: general features and differences / A. Aleksanyan // Journal of the Higher School of Economics. – 2012. – № 4. – P. 126-133.
10. Command and Control of Joint Air Operations. Joint Publication/3-3010, February 2014.
11. Обґрунтування сучасного підходу щодо автоматизації процесів прийняття рішень по управлінню авіацією апарату / Н.О. Королюк, О.В. Першин, Т.О. Грідньова, С.О. Шевченко, М.С. Агапов // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – 2019. – № 1(59). – С. 32-39. <https://doi.org/10.30748/zhups.2019.59.04>.
12. Saaty T. Structures in decision making: On the subjective geometry of hierarchies and networks / T. Saaty // European Journal of Operational Research. – 2009. – № 3(199). – P. 867-872.
13. Королюк Н.О. Процедура формалізації даних, які використовуються при описі процесу управління рухом повітряних об'єктів / Н.О. Королюк, Р.В. Корольов, О.А. Коршець // Збірник наукових праць ХНУПС. – 2017. – № 4(53). – С. 103-106.
14. Korolyuk N. An approach to prediction of the telecommunication network quality parameters under the conditions of non-stochastic uncertainty / N. Korolyuk // Telecommunications and Radio Engineering. – 2017. – № 76. – P. 1027-1032.
15. Королюк Н.О. Удосконалення програмного забезпечення комплексів засобів автоматизації при розпізнаванні типу повітряного об'єкта / Н.О.Королюк, В.В. Синявський, Д.О. Хаустов // Системи озброєння і військова техніка. – 2017. – № 1(49). – С. 67-80.
16. Тимочко О.І. Метод оцінки ступеня небезпеки нештатних ситуацій у повітряному просторі / О.І. Тимочко, П.П. Зуєв // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2017. – № 1(26). – С. 49-53.
17. Теоретические основы автоматизации процессов выработки решений в системах управления / В.Е. Ярушек, В.П. Прохоров, А.В. Мишин, Б.Н. Судаков. – Х.: ХУВС, 2011. – 355 с.
18. Мажара І.П. Інформаційна модель допуску осіб групи керівництва польотами до управління повітряним рухом / І.П. Мажара, О.І. Тимочко, В.Г. Чернов // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2018. – № 1(30). – С. 24-29. <https://doi.org/10.30748/nitps.2018.30.04>.
19. Скрынникова Н.С. Зарубежный опыт борьбы с терроризмом: механизмы противодействия / Н.С. Скрынникова // Научный вестник Ужгородского национального университета. – 2014. – № 28(3). – С. 37-40.
20. Зонов Ф. Международный терроризм и мировой опыт борьбы с ним [Електронний ресурс] / Ф. Зонов // Мощь. – 2011. – № 12. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/v>.

References

1. Danik, U. and Permakov, U. (2019), "Suchasni informatsiyni tekhnolohiyi u vnutrishniy bezpetsi ta oboroni" [Modern information technologies are in providing of national safety and defensive], *Modern information technologies in the field of safety and defensive*, No. 5, pp.159-174.
2. Stepanov, G.S., Kaminsky, V.V. and Pavlenko, M.A. (2018), "Pohlyady odnosytel'no problemnykh voprosam! Zastosuvannya Povitryanykh Syl v protipovitryaniy oboroni" [Take a look at the problematic power supply of the Reconciled Forces in the prototype defense], *Science and Technology of the Air Forces of the Armed Forces of Ukraine*, No. 1(30), pp.18-23. <https://doi.org/10.30748/nitps.2018.30.03>.

3. Kaminskyj, V.V., Tjurin, V.V., Korshej, O.A. and Koroljuk, N.O. (2017), "Analiz zastosuvannya bezpilotnykh lital'nykh aparativ v suchasnykh zbrojnykh konfliktakh ta ATO na Skhodi Ukrainy" [Analysis of the use of unmanned aerial vehicles in modern armed conflicts and anti-terrorist operation in eastern Ukraine], *Science and Defense*, No. 3(4), pp. 4-8.
4. Kaminsky, V.V. (2014), "Borotba z povitryanim terorizmom maє pochynatisya z zemli" [The fight against air terrorism must begin with land], *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, No. 1(14), pp. 16-23.
5. Olizarenko, S.A., Brezhnev, Ye.V. and Perepelitsa, A.V. (2010), "Nechitki mnozhyny typu 2. Terminolohiya i uyavlennya" [Fuzzy sets of type 2. Terminology and representation], *Information Processing Systems*, No. 8(89), pp. 131-140.
6. Olizarenko, S.A., Perepelitsa, A.V. and Kapranov, V.A. (2011), "Interval'nyye nechetkiye mnozhestva tipa 2" [Terminologiya, predstavleniye, operatsii Interval fuzzy sets of type 2. Terminology, representation, operations], *Information Processing Systems*, No. 2(92), pp. 39-45.
7. Nosik, A.M., Perepelitsa, A.V. and Butyak, O.S. (2013), "Metod formalizatsii znaniy o vozmoznykh variantakh deystviy vozdushnogo protivnika, sprognozirovannykh v khode podgotovki k vedeniyu boyevykh deystviy" [A method of formalizing knowledge of possible options for an air adversary's actions, predicted in the course of preparation for military operations], *Systems of Arms and Military Equipment*, No. 1(108), pp. 133-137.
8. Subbotin, S., Oliynik, A. and Gofman, E. (2016), "Intelektual'ne planuvannya informatsiynykh tekhnolohiy ASK diahnostychnykh kharakteriv" [Intellectual to of informative technology of planning of the ASC of diagnosing characters], *Kompanyia Smyt, Kharkiv*, 317 p.
9. Aleksanyan, A. (2012), The structure of the concepts of national and international security: general features and differences, *Journal of the Higher School of Economics*, No. 4, pp. 126-133.
10. (2014), *Command and Control of Joint Air Operations*. Joint Publication/3-3010, February 2014.
11. Koroliuk, N.O., Pershyn, O.V., Hridnova, T.O., Shevchenko, S.O. and Ahapov, M.S. (2019), "Obhruntuvannya suchasnoho pidkhodu shchodo avtomatyzatsii protsesiv pryiniattia rishen po upravlinniu aviatsiieiu aparatu" [The justification of modern approaches to processes automation of decision making for aircraft control], *Scientific Works of Kharkiv National Air Force University*, No. 1(59), pp. 32-39. <https://doi.org/10.30748/zhups.2019.59.04>.
12. Saaty, T. (2009), Structures in decision making: On the subjective geometry of hierarchies and networks, *European Journal of Operational Research*, No. 3(199), pp. 867-872.
13. Koroliuk, N.O., Korolov, R.V. and Korshets, O.A. (2017), "Protsedura formalizatsii danykh, yaki vykorystovuiutsia pry opysi protsesu upravlinnia rukhom povitrianykh ob'ektiv" [Procedure formalization data used in describing of air traffic control facilities], *Scientific Works of Kharkiv National Air Force University*, Vol. 4(53), pp. 103-106.
14. Korolyuk, N. (2017), An approach to prediction of the telecommunication network quality parameters under the conditions of non-stochastic uncertainty, *Telecommunications and Radio Engineering*, No. 76, pp. 1027-1032.
15. Korolyuk, N.O., Sinyavsky, V.V. and Haustov, D.O. (2017), "Udoskonalennya programnogo zabezpechennya kompleksiv zasobiv avtomatizatsii pri rozpiznavanni tipu povitryanogo obyektu" [Improvement of software of complexes of automation means when recognizing the type of air object], *Systems of Arms and Military Equipment*, No. 1(49), pp. 67-80.
16. Timochko, O.I. and Zuyev, P.P. (2017), "Metod ocinki stupenya nebezpeki neshtatnih situacij u povitryanomu prostori" [Method of estimation of the degree of danger of abnormal situations in the air space], *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, No. 1(26), pp. 49-53.
17. Yarushek, V.E., Prokhorov, V.P., Mishin, A.V. and Sudacov, B.N. (2011), "Teoreticheskie osnovy avtomatizatsii processov vyrabotki reshenij v sistemah upravleniya" [Theoretion bases of automation of decision-making processes in control systems], *KNAFU, Kharkiv*, 355 p.
18. Mazhara, I.P., Timochko, O.I. and Chernov, V.G. (2018), "Informacijna model dopusku osib grupi kerivnictva pol'otami do upravlinnya povitryanim rukhom" [Information model of the admission of persons of group of the management of flights to air traffic control], *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, No. 1(30), pp. 24-29. <https://doi.org/10.30748/nitps.2018.30.04>.
19. Skrynnikova, N.S. (2014), "Zarubezhnyj opyt bor'by s terorizmom: mekhanizmy protivodejstviya" [Foreign Experience in Combating Terrorism: Mechanisms of Resistance], *Scientific Bulletin of Uzhgorod National University*, No. 28(3), pp. 37-40.
20. Zonov, F. (2011), "Mezhdunarodnyj terorizm i mirovoj opyt bor'by s nim" [International terrorism and world experience in combating it], *Power*, No. 12, available at: <https://cyberleninka.ru/article/v>.

Надійшла до редколегії 04.01.2020

Схвалена до друку 11.02.2020

Відомості про авторів:

Корольок Наталія Олександрівна

кандидат технічних наук
доцент кафедри
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-2865-5899>

Information about the authors:

Natalia Korolyuk

Candidate of Technical Sciences
Senior Lecturer
of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-2865-5899>

Леонов Андрій Валерійовичкурсант
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-9232-0113>**Будков Михайло Романович**курсант
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-7869-4047>**Литвин Дмитро Анатолійович**курсант
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-3707-9659>**Andrii Leonov**Cadet
of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-9232-0113>**Mykhailo Budkov**Cadet
of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-7869-4047>**Dmytro Lytvyn**Cadet
of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-3707-9659>**ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ОЦЕНКЕ ВОЗДУШНОЙ ОБСТАНОВКИ НА ПУНКТАХ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ СИЛ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ УКРАИНЫ**

Н.А. Королюк, А.В. Леонов, М.Р. Будков, Д.А. Литвин

В статье обосновывается необходимость автоматизации процессов распознавания путем совершенствования специального математического и программного обеспечения за счет использования интеллектуальных информационных технологий. Проведенный анализ показал, что не существует методов формализации знаний в исследуемой предметной области, что обосновывает актуальность и необходимость разработки методов формализации знаний по распознаванию действий воздушного противника с целью дальнейшей автоматизации процесса оценки воздушной обстановки на пунктах управления Воздушных Сил с учетом неопределенности. Так как по результатам распознавания непосредственно принимается решение о действиях подчиненных сил и средств согласно варианту, предусмотренному на этапе планирования в ходе подготовки к ведению боевых действий, то задача распознавания вариантов действий воздушного противника можно считать одной из наиболее важных задач оценки воздушной обстановки. В качестве модели представления знаний о процессах распознавания вариантов действий воздушного противника в условиях неопределенности предлагается использовать интервальные нечеткие множества 2 порядка и нечеткие логические системы, которые позволяют формализовать задачи, имеющие логико-аналитический характер. Предлагается использовать интеллектуальную систему поддержки принятия решений, состоящую из базы правил. Правила формируются для каждого прогнозируемого варианта действий воздушного противника, дальше разработанные правила используют в качестве входных данных для реализации логического вывода в нечеткой логической системе. Процесс сопоставления значений параметров ударов воздушного противника, спрогнозированных в ходе подготовки к ведению боевых действий, со значениями в реальном ударе воздушного противника, выявленных в ходе ведения боевых действий, и последующее отнесение выявленного удара к одним из прогнозируемых, выбор варианта действий воздушного противника с максимальным значением степени соответствия прогнозируемого удара с выявленным обеспечивает автоматизацию распознавания вариантов действий воздушного противника и оценку воздушной обстановки.

Ключевые слова: замысел воздушного нападения, оценка воздушной обстановки, средство воздушного нападения, лицо, принимающее решение, нечеткая логическая система, интервальное нечеткое множество 2 порядка.

THE JUSTIFICATION OF MODERN APPROACHES TO PROCESSES AUTOMATION OF DECISION MAKING FOR AIRCRAFT CONTROL

N. Korolyuk, A. Leonov, M. Budkov, D. Lytvyn

The article substantiates the need to automate recognition processes by improving special mathematical and software through the use of intelligent information technologies. The analysis showed that there are no methods of formalizing knowledge in the studied subject area, which justifies the relevance and the need to develop methods of formalizing knowledge to recognize the actions of an air opponent in order to further automate the process of assessing the air situation at air force control points, taking into account uncertainty. Since, based on the recognition results, a decision is made directly on the actions of subordinate forces and means according to the option provided for at the planning stage in preparation for the conduct of hostilities, the task of recognizing the air enemy's action options can be considered one of the most fundamental tasks in assessing the air situation. It is proposed to use interval fuzzy sets of the 2nd order and fuzzy logical systems, which will allow formalizing tasks that have a logical-analytical nature, as a model for the representation of knowledge in the processes of recognizing variants of actions of an air adversary under conditions of uncertainty. It is proposed to use an intelligent decision support system consisting of a rule base. Rules are formed for each forecasted variant of the air adversary's actions. Further, the developed rules are used as input data for the realization of a logical conclusion in a fuzzy logical system. The process of comparing the values of the parameters of the air enemy's attacks, predicted in the course of preparation for the conduct of hostilities, with the real values of the enemy's air strikes, identified in the course of the military operations, and the subsequent assignment of the detected strike to one of the predicted ones, the choice of a variant of the actions of the air enemy with the maximum value of the degree of correspondence of the predicted strikes with the identified one provides the automation of recognition of options for actions of an air opponent and the assessment of air Novki.

Keywords: air attack plan, air situation assessment, air attack tool, decision maker, fuzzy logic system, interval fuzzy sets of 2 orders.