

Наталія Олександрівна Королюк (кандидат технічних наук)
Андрій Вікторович Сорожкін
Єлизавета Сергіївна Зенова

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

ПІДХІД ЩОДО АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ РОЗПІЗНАВАННЯ ДІЙ ПОВІТРЯНИХ ОБ'ЄКТІВ НА ПУНКТАХ УПРАВЛІННЯ ПОВІТРЯНИХ СИЛ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

У статті пропонується підхід щодо формалізації знань для розпізнавання дій повітряного противника з метою автоматизації процесів оцінки повітряної обстановки на пунктах управління Повітряних Сил Збройних Сил України з урахуванням невизначеності. Пропонується вдосконалення спеціального математичного та програмного забезпечення АСУ на основі використання інтелектуальних інформаційних технологій. В якості моделі представлення знань про процеси розпізнавання варіантів дій повітряного противника в умовах невизначеності пропонується використовувати нечіткі множини 1 та 2 порядку, засновані на них нечіткі логічні системи, що дозволяють в загальному випадку формалізувати задачі, які мають логіко-аналітичний характер. Правила формуються для кожного прогнозованого варіанта дій повітряного противника і використовуються в подальшому в якості вхідних даних для реалізації логічного виводу нечіткої логічної системи. Процес зіставлення значень параметрів ударів повітряного противника зі значеннями параметрів поточних ударів повітряного противника, виявлених в ході ведення бойових дій, подальшого віднесення виявленого удару до одного з прогнозованих і вибір варіанту дій повітряного противника з максимальним значенням ступеня відповідності прогнозованих ударів з виявленими забезпечує автоматизацію розпізнавання варіантів дій повітряного противника і оцінку повітряної обстановки. Виходячи із запропонованої структури нечітких продукційних правил в якості алгоритму нечіткого виведення для вирішення завдань нечіткої класифікації та розпізнавання варіантів дій повітряного противника пропонується використання алгоритму Сугено.

Ключові слова: нечіткі множини, нечітка логічна система, формалізація знань, задум повітряного нападу, оцінка повітряної обстановки.

Вступ

Постановка проблеми. В умовах збройної агресії російської федерації з 2014 року та з переходом її на широкомасштабне вторгнення з території Білорусі, окупованих Донецької, Луганської областей та автономної республіки Крим з 24 лютого 2022 року особлива увага приділяється пошуку адекватної відповіді на щоденні виклики. Це можливо тільки з використанням теоретико-методологічного осмислення сутності сучасних збройних зіткнень, аналізу, вивченню та узагальненню світового досвіду протистояння воєнній загрозі [1]. Найважливішим стратегічним завданням державної політики України залишається забезпечення її національної безпеки, захист державного суверенітету, відновлення територіальної цілісності. В умовах загострення військово-політичної обстановки питання національної безпеки набувають особливого і важливого значення.

Аналіз застосування сил і засобів збройної боротьби в ході широкомасштабного вторгнення свідчить, що основною тенденцією застосування військ є перехід від концепції “платформено-центричної війни”, де основний акцент робився на кількості озброєння та військової техніки, у бік

“мережецентричної війни”, основою якої є інтеграція всіх сил і засобів у єдиному інформаційному просторі. Це дозволяє суттєво підвищити ефективність бойового застосування сил та засобів протиповітряної оборони (ППО) за рахунок зменшення тривалості циклу бойового управління. Підвищення ефективності управління можливе за рахунок практичної організації єдиного бойового управління всіма військами і силами авіації і ППО [1-4]. Досвід показав, що угруповання сил та засобів повітряного нападу (ЗПН) здатні виконувати оперативні-тактичні і стратегічні завдання, які обумовлюють підвищення значення боротьби у повітряному просторі для досягнення успіху не лише в окремих операціях збройних сил, але у війні в цілому [1,2]. Проведений аналіз збройних конфліктів, агресії російської федерації з 2014 року 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, безпілотних літальних апаратів;
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 ППО. Швидкоплинність та зростаюча динамічність бойових дій, висока ступінь невизначеності обстановки, необхідність оперативного аналізу, жорсткі часові рамки та врахування значної кількості різнорідних 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). Зараз її рішення лежить в площині емпіричних знань людини, що на основі отриманої різнорідної інформації, власного досвіду та інтелекту, викриває замисел його дій. Однак, розвиток методів штучного інтелекту для рішення слабо-структурованих задач дозволило реалізувати задачу розпізнавання замислу дій ПП у складі системи підтримки прийняття рішення (СППР). Отже перспективним напрямком автоматизації процесу вироблення рішень при оцінці ПО є вдосконалення спеціального математичного і програмного забезпечення (СМПЗ) АСУ за рахунок використання інтелектуальних інформаційних технологій [9-12].

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 Кутюрсь-Фьолое; 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 командному пункті Повітряних Сил Збройних Сил України. Однак питання щодо розробки, використання методів формалізації, консолідації знань для процесів розпізнавання варіантів дій ПП при оцінці повітряної ПО в умовах невизначеності є недостатньо дослідженими.

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

Виклад основного матеріалу дослідження

В ході ведення бойових дій одним з основних етапів оцінки ПО є розпізнавання варіантів дій ПП.

Важливими показниками вирішення даного завдання є оперативність та обґрунтованість. Підвищення оперативності розпізнавання варіантів дій дозволяє збільшити наявний час для прийняття рішення на відображення удару противника, в свою чергу, підвищення обґрунтованості - забезпечити вибір найбільш раціонального варіанту розміщення сил та засобів ППО для відбиття удару. Важливість оперативного і обґрунтованого розпізнавання варіантів дій ПП полягає в тому, що:

в ході підготовки до ведення бойових дій на етапі планування прогноуються 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.

Основним напрямком 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. Головна функція СМПЗ в підвищенні оперативності полягає в збільшенні інформативності рекомендацій, що виробляються засобами автоматизації, шляхом узагальнення даних, зіставленням їх з раніше прийнятими рішеннями, виявленням тенденції розвитку процесу і та ін. [10-15].

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 розгляду множини варіантів її вирішення, обліку невизначеності знань про ці процеси [11].

Таким чином, 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 [9-12] 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, своєчасно виявляти можливі її зміни; положення своїх об'єктів оборони; стан своїх сил і засобів; знання про імовірні способи і прийом 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. 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, досвід, які важко формалізуються з використанням відомих інформаційних технологій. Використання когнітивного методу відкриває можливості щодо створення інтелектуальних систем, що відрізняються високим ступенем адаптивності до зовнішніх умов, здатністю до самонавчання, завдяки яким рішення задач оцінки ПО в цілому, і зокрема задач розпізнавання варіантів його дій, обмежується в основному технічними характеристиками обчислювальних засобів.

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 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 відрізнитися 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 відної 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.

Після прийняття на озброєння сучасних засобів автоматизації Повітряних Сил можливим стало

автоматизоване вирішення задач розрахункового характеру, 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 комплексних знань про етапи визначення напрямків ударів [7-15].

Таким чином, з точки зору подальшої алгоритмізації, пропонується процес розпізнавання варіантів дій ПП представити 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 напрямків польоту 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.

Виходячи з математичної постановки задачі формалізації знань про прогнозовані варіанти дій ПП пропонується використовувати нечіткі множини 1 та 2 порядку. Сукупність нечітких продукційних правил при цьому представляє базу правил (БП), яка в загальному випадку призначена для формального подання емпіричних знань або знань експертів та ОПР про предметну область. [2,3]. У загальному випадку, БП розрізняють за типом нечітких продукційних правил [9] (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 [5-15].

$$R: \text{IF } \beta_1 \text{ is } \alpha_1 \text{ AND } \dots \text{ AND } \beta_n \text{ is } \alpha_n \text{ THEN } \beta_{n+1} = c_j^p, \quad (1)$$

де β_i – найменування вхідної лінгвістичної змінної (ЛЗ), що задається кортежем $\langle \beta_i, T_i, X_i, M_i \rangle$;

$i = 1, \dots, n$ 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, 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 [8-12]

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

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

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 ППО 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.

Висновки й перспективи подальших досліджень

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 предметній області, що досліджується, та 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 нечіткі множини 1 та 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 значенням ступеня відповідності прогнозованих ударів з виявленими забезпечує автоматизацію розпізнавання варіантів дій ПП і оцінку ПО.

Виходячи із запропонованої структури нечітких продукційних правил в якості алгоритму нечіткого висудження НЛС для вирішення завдань нечіткої класифікації та 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.

Література

1. Alimpiev A. Selecting a model of unmanned aerial vehicle to accept it for military purposes with regard to expert data Eastern-European / A. Alimpiev, P. Berdnik, N. Korolyuk, O. Korshets, M. Pavlenko // Journal of Enterprise Technologies ISSN 1729-3774. – 2017. – Vol. 1, No. 9(85). – P. 53-60. 2. 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. – С.159-174. 3. Command and Control of Joint Air Operations. Joint Publication/3-3010, February 2014. 4. Корольюк Н.О. Обґрунтування сучасного підходу щодо автоматизації процесів прийняття рішень по управлінню авіацією / Н.О. Корольюк, О.В.Першин, Т.О. Грідньова, С.О.

Шевченко // Збірник наукових праць. - 2019. - №1(59). – С.32-39. 5. Корольюк Н.О. Процедура формалізації даних, які використовуються при описі процесу управління рухом повітряних об'єктів / Н.О. Корольюк, Р.В. Корольов, О.А. Коршець // Збірник наукових праць ХНУПС. – 2017. – № 4(53). – С.103-106. 6. Камінський В.В. 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. Корольюк // Наука і оборона. – 2017. – № 3(4). – С.4-8. 7. Субботин С.А. Интеллектуальные информационные технологии проектирования автоматизированных систем диагностирования и распознавания образов: монография / С.А.Субботин,

А.А.Олейник, Е.А.Гофман// – Х.: ООО «Компания Смит», 2016. – 317 с. **8. Пермяков О.Ю.** Інформаційно – телекомунікаційні технології і сучасна збройна боротьба / О.Ю. Пермяков, Н.О. Королюк // Науково-технічна конференція молодих учених «Актуальні проблеми інформаційних технологій» (20-21 листопада 2018 року). - Київ: НУОУ, 2018. - С. 5-6. **9. Mendel, J.** Standard Background Material About Interval Type-2 Fuzzy Logic Systems / J.M. Mendel, H. Nagra, R.I. John // IEEE CIS Standards Committee [Електронний ресурс]. – Режим доступу к ресурсу: <http://iee-cis.org/technical/standards/>. **10. Wu, H.** Uncertainty Bounds and Their Use in the Design of Interval Type-2 Fuzzy Logic Systems / H. Wu, J.M. Mendel // IEEE Transactions on Fuzzy Systems. – October 2002. – Vol. 10, no. 5. – P. 622-639. **11. Wu, D.** Enhanced

Karnik-Mendel Algorithms / D. Wu, J.M. Mendel // IEEE Transactions on Fuzzy Systems. – August 2009. – Vol. 17, no. 4. – P. 923-934. **12. Mendel, J.** On centroid calculations for Type-2 Fuzzy Sets / J.M. Mendel // Appl. Comput. Math. – 2011. – V.10, no.1, Special Issue. – P. 88-96. **13.** Світова гібридна війна: український фронт / за заг. ред. В.П.Горбуліна; Нац.ін-тстратег.дослідж. Київ: НІСД, 2017. URL: <http://resource.history.org.ua/item/0013707> (дата звернення: 10.01.2022). **14. Магда Є.** Гібридна агресія Росії: уроки для Європи. Київ, КАЛАМАР, 2017, 268 с. URL: <https://nashformat.ua/products/gibrydna-agresiya-rosii-uroky-dlya-evropy-916106> (дата звернення: 12.01.2022). **15.** Военні аспекти протидії “гібридній” агресії: досвід України: монографія / за заг. ред. А.М.Сиротенка. Київ : НУОУ, 2020. 176 с.

APPROACH TO THE AUTOMATION OF THE PROCESS OF RECOGNITION OF AIR OBJECTS AT AIR FORCE CONTROL POINTS OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE

Natalia Korolyuk (Candidate of Technical Sciences)

Andrii Sorozhkin

Yelyzaveta Zenova

Ivan Kozhedub Kharkiv National University of the Air Force, Kharkiv, Ukraine

The article proposes an approach to the formalization of knowledge regarding the recognition of the actions of the aerial enemy in order to automate the processes of assessing the air situation at the control points of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine, taking into account uncertainty. It is proposed to improve the special mathematical and software of ACS based on the use of intelligent information technologies. As a model for presenting knowledge about the processes of recognizing options for the actions of an air enemy in conditions of uncertainty, it is proposed to use fuzzy sets of the 1st and 2nd order and fuzzy logical systems based on them, which allow in general to formalize problems of a logical and analytical nature. The rules are formed for each predicted variant of the air enemy's actions and are subsequently used as input data for the implementation of the logical conclusion of the fuzzy logic system. The process of comparing the values of the parameters of air enemy strikes predicted in the course of preparing for hostilities with the values of the parameters of current air defense strikes detected during hostilities, the subsequent attribution of the detected strike to one of the predicted ones, and the selection of an option for the actions of the air enemy, with the maximum the value of the degree of correspondence of the predicted strikes with the detected ones ensures the automation of recognition of options for actions of the air enemy and assessment of the air situation. Based on the proposed structure of fuzzy production rules, the use of the 0th-order Sugeno algorithm is proposed as a fuzzy inference algorithm for solving tasks of fuzzy classification and recognition of air enemy action options.

Keywords: *fuzzy sets, fuzzy logic system, knowledge formalization, air attack plan, air situation assessment*

References

1. Alimpiev A. Selecting of a model of unmanned aerial vehicle to accept it for military purposes with regard to expert data of Eastern - European / A. Alimpiev, P. Berdnik, N. Korolyuk, O. Korshets, M. Pavlenko //Journal of of Enterprise Technologies ISSN 1729-3774. - 2017. - Vol. 1, No. 9 (85). – P.53-60. **2. Danik U.**Modern information technologies are in providing of national safety and defensive / U.Danik, U. Permakov // Modern information technologies in the field of safety and defensive. - 2018. - P.159-174. **3.** Command of and of Control of of of Joint Air Operations. Joint Publication/3-3010, February 2014. **4. Korolyuk N.** Ground of modern method in relation to the ав-томатизації processes of making decision for by the aviation / N.Korolyuk, A. Pershin // is Collection of scientific works. - 2019. - №1 (59). - P.32-39. **5. Korolyuk N.** Procedure of formalization of data, what used at description of process of traffic of air objects / N.Korolyuk, R. Korolev, O.Korshes // Collection of scientific works. HNUPS. – 2017. – № 4(53). – P.103-106. **6. Kaminskiy V.V.** Analysis of application of UAF in modern armed conflicts on East of Ukraine / V.V. Kaminskiy, V.V. Turin, // Science and defensive. - 2017. - № 3 (4). - P.4-8. **7. Subbotin S.** Intellectual to of informative technology of planning of the ASC of diagnosticating characters: monograph / S. Subbotin, E. Gofman// - X.: LTD. "Сомпану Смит", 2016. - 317 p **8. Permiakov, O., Korolyuk, N.** (2018), “Informatsiyno – telekomunikatsiyni tekhnolohiyi i suchasna zbroyna borot'ba” [Information and

telecommunication technologies and modern armed struggle], Scientific and technical conference of young scientists "Actual problems of information technologies", Kiev, MD, pp. 5-6. **9. Mendel, J.M.,** Standard Background Material About Interval Type-2 Fuzzy Logic Systems / J.M. Mendel, H. Nagra, R.I. John // IEEE CIS Standards Committee [Електронний ресурс]. – Режим доступу к ресурсу: <http://iee-cis.org/technical/standards/>. **10. Wu, H.,** Uncertainty Bounds and Their Use in the Design of Interval Type-2 Fuzzy Logic Systems / H. Wu, J.M. Mendel // IEEE Transactions on Fuzzy Systems. – October 2002. – Vol. 10, no. 5. – P. 622-639. **11. Wu, D.,** Enhanced Karnik-Mendel Algorithms / D. Wu, J.M. Mendel // IEEE Transactions on Fuzzy Systems. – August 2009. – Vol. 17, no. 4. – P. 923-934. **12. Mendel, J.M.,** On centroid calculations for Type-2 Fuzzy Sets / J.M. Mendel // Appl. Comput. Math. – 2011. – V.10, no.1, Special Issue. – P. 88-96. **13.** World hybrid war: the Ukrainian front / by General. ed. V.P. Horbulina; National University strategist research Kyiv: NISD - 2017. URL: <http://resource.history.org.ua/item/0013707> (date of application: 10.01.2022). **14. Magda E.** Russia's hybrid aggression: lessons for Europe. Kyiv: KALAMAR. - 2017. – P. 268. URL: <https://nashformat.ua/products/gibrydna-agresiya-rosii-uroky-dlya-evropy-916106> (date of application: 12.01.2022). **15.** Military aspects of countering "hybrid" aggression: the experience of Ukraine: a monograph / by A. M. Syrotenko. Kyiv: NUOU – 2020 – P. 176.