УДК 519.816:004.832

Я. Р. Чопенко, В. О. Новічков, А. С. Луценко

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ КЛАСИФІКАЦІЇ ПОВІТРЯНИХ ОБ'ЄКТІВ НА ОСНОВІ НЕЧІТКИХ ПРОДУКЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ

Анотація: *представлені результати досліджень актуальної проблеми підвищення ефективності класифікації повітряних об'єктів в умовах масованого застосування противником засобів повітряного нападу та активного впливу завад. Обґрунтовано, що в умовах неповноти, суперечливості й нечіткості вхідної радіолокаційної інформації традиційні детерміновані та ймовірнісні алгоритми втрачають точність і створюють критичні затримки прийняття рішень. Як ефективний математичний апарат запропоновано комбінований підхід на основі теорії нечітких множин, що поєднує нечіткі продукційні моделі з детермінованим логічним висновком. Представлено структуру продукційної системи та описано правила логічного виводу із використанням лінгвістичних змінних.*

Ключові слова: *повітряні об'єкти, радіолокаційна інформація, засоби повітряного нападу.*

Abstract: *this paper presents research results addressing the critical challenge of improving the classification of aerial objects in scenarios characterized by the adversary's mass employment of air-attack assets and the presence of active jamming. It is demonstrated that when input radar data is incomplete, contradictory, or imprecise, traditional deterministic and probabilistic algorithms lose accuracy and cause critical delays in decision-making. As an effective mathematical framework, a combined approach based on fuzzy set theory is proposed, integrating fuzzy production models with deterministic logical inference. The structure of a production system is presented, and logical inference rules using linguistic variables are described.*

Keywords: *airborne objects, radar information, air attack assets.*

Ситуація в країні характеризується масованим і комбінованим застосуванням засобів повітряного нападу, що включають оперативно-тактичну авіацію, крилаті та балістичні ракети, а також велику кількість безпілотних літальних апаратів різних типів і класів. Проведений аналіз показав, що в умовах дефіциту вогневих засобів постає проблема класифікації повітряних об'єктів (ПО) для оперативної видачі цілевказівки підпорядкованим підрозділам.

Проте сучасні умови характеризуються високою динамікою зміни обстановки, інтенсивним застосуванням засобів радіоелектронної боротьби, малорозмірністю перспективних засобів повітряного нападу, а також виникненням завад, що призводить до неповноти, спотворення, суперечливості та нечіткості інформації, яка надходить від інформаційних джерел. Традиційні алгоритми розпізнавання, базовані на детермінованих або класичних ймовірнісних підходах, за таких умов втрачають точність та спричиняють затримки при обробці інформації.

Сучасним математичним апаратом, що дозволяє врахувати невизначеність початкових даних, є теорія нечітких множин. При прийнятті рішення необхідно керуватись принципом причинно-наслідкового зв'язку між вихідними даними та результатом, що шукається. Тому зв'язки між інформаційними ознаками та рішенням, яке приймається, можуть бути описані природною мовою, а потім формалізовані у вигляді сукупності логічних висловлювань. Кінцевий результат, тобто клас об'єкту може бути отриманий за допомогою механізму логічного виводу.

В основі формального представлення знань про структуру завдань прийняття рішень з класифікації ПО пропонується використовувати комбінований підхід: нечіткі продукційні моделі з розвинутим апаратом виведення, а також моделі з детермінованим логічним висновком на основі звичайної булевої логіки.

Продукційну систему в загальному вигляді можна представити так:

$$F = (A, R, P),$$

де A – множина даних, які описують умови;

R – множина мети системи;

P – множина продукцій.

База правил нечіткої логіки представляється набором нечітких конструкцій “IF-THEN”, в яких передумови і висновки мають на увазі використання лінгвістичних змінних. Цей набір керівних правил нечіткої логіки характеризує зв'язок входу системи з її виходом.

Необхідність застосування апарату систем прийняття рішення з нечіткою логікою обумовлена його ефективністю в складних важко формалізуємих і погано структурованих процесах, які можуть управлятися кваліфікованими операторами без використання специфічних знань, що покладені в основу динаміки функціонування цих процесів.

Таким чином, застосування нечітких продукційних моделей дозволяє ефективно формалізувати досвід експертів та адаптувати системи підтримки прийняття рішень до умов високої невизначеності. Це забезпечує мінімізацію часу обробки суперечливої радіолокаційної інформації та підвищує достовірність класифікації ПО у реальному часі.

Список використанихджерел:

1. Королюк Н.О., Дроб Є.М., Першин О.В., Чопенко Я.Р. Особливості планування польоту інтелектуального безпілотного літального апарату в невизначеному середовищі. *Випробування та сертифікація*. 2025. №1(7). С.123-128. https://doi.org/10.37701/ts.07.2025.14.
2. Стасєв Ю., Королюк Н., Дроздов С., Чопенко Я. Автоматизація процесу побудови маршруту розвідувальних безпілотних літальних апаратів. *Системи озброєння і військова техніка*. 2026. № 2(86). С. 84–91. https://doi.org/10.30748/soivt.2026.86.09.
3. І. В. Свид, І. І. Обод, С. В. Головатенко, С. В. Дацько. Оцінка якості визначення координат повітряних об’єктів кооперативними радіолокаційними сис-темами спостереження повітряного простору. *Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб.* .2023. № 214. С. 102–114. https://doi.org/10.30837/rt.2023.3.214.09.

Чопенко Ярослава Романівна – курсант магістратури факультету автоматизованих систем управління та наземного забезпечення польотів авіації Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, вул. Сумська 77/79, інд. 61009, e-mail: chpnk.ya@gmail.com, ORCID: https://orcid.org/0009-0005-8207-674X.

Новічков Валентин Олександрович – старший викладач кафедри бойового застосування та експлуатації АСУ факультету автоматизованих систем управління та наземного забезпечення польотів авіації Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, вул. Сумська 77/79, інд. 61009, e-mail: 707035@gmail.com, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0113-1849.

Луценко Артем Сергійович – студент Харківського національного університету радіоелектроніки, м. Харків, пр. Науки 14, інд. 61000, e-mail: artemlutsenko877@gmail.com, ORCID: https://orcid.org/0009-0009-5449-5786.

Yaroslava Romanivna Chopenko – Master’s cadet at the Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, 77/79 Sumska St., Ind. 61009, e-mail: chpnk.ya@gmail.com, ORCID: https://orcid.org/0009-0005-8207-674X.

Valentin Oleksandrovich Novichkov – Senior Lecturer at the Department of Combat Employment and Operation of Automated Control Systems, Faculty of Automated Control Systems and Ground Support for Aviation Flights, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, 77/79 Sumska St., Ind. 61009, e-mail: 707035@gmail.com, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0113-1849.

Artem Serhiyovych Lutsenko– student of Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, 14 Nauky Avenue, Ind. 61000, e-mail: artemlutsenko877@gmail.com, ORCID: https://orcid.org/0009-0009-5449-5786.