

A. F. Volkov, R. V. Yaroshchuk

## ADAPTABILITY OF THE AIR TARGET IDENTIFICATION ALGORITHM UNDER UNCERTAINTY

**Анотація:** в умовах ведення скоротечних бойових дій в повітрі одним з важливих питань є своєчасна ідентифікація повітряних цілей [1]. В ході вирішення зазначеного питання було розроблено алгоритм ідентифікації типу повітряних цілей, що дозволить прийняти своєчасне рішення для визначення ефективного виду озброєння, яке буде застосовуватись по цілі, що виявлена. Для забезпечення стійкості і надійності функціонування розробленого алгоритму виникає необхідність його адаптації в умовах невизначеності та зашумлених даних. Для успішної роботи в таких умовах необхідно, щоб алгоритм міг динамічно підлаштовуватися до змін повітряної обстановки, у тому числі таких як застосування противником радіоелектронних завад, маневрування цілей та неточність вимірювання параметрів цілей. Традиційні підходи часто виявляються недостатньо ефективними через свою обмежену гнучкість і невисоку стійкість до шуму.

Запропонований підхід використовує поєднання фільтра Калмана та нечіткої логіки, що дозволяє забезпечити адаптивність алгоритму в динамічних умовах. Фільтр Калмана ефективно знижує вплив шуму на вимірювання, дозволяючи отримати більш точні дані про параметри цілі, а нечітка логіка забезпечує гнучкість і можливість приймати рішення в умовах неповної або нечіткої інформації. Такий комбінований підхід дозволяє алгоритму працювати ефективно навіть у складних і нестабільних умовах, підвищуючи точність ідентифікації повітряних цілей.

**Ключові слова:** адаптивність, алгоритм, ідентифікація, шум.

**Abstract:** In the conditions of short-range air combat operations, one of the important issues is the timely identification of air targets [1]. In the course of solving this issue, an algorithm for identifying the type of air targets was developed, which will allow making a timely decision to determine the effective type of weapon to be used against the detected target. To ensure the stability and reliability of the developed algorithm, it is necessary to adapt it under conditions of uncertainty and noisy data. To operate successfully in such conditions, the algorithm must be able to dynamically adjust to changes in the air situation, including the use of electronic interference by the enemy, target maneuvering, and inaccurate measurement of target parameters. Traditional approaches are often ineffective due to their limited flexibility and low noise immunity.

The proposed approach uses a combination of the Kalman filter and fuzzy logic to ensure the adaptability of the algorithm in dynamic conditions. The Kalman filter effectively reduces the influence of noise on measurements, allowing for more accurate data on target parameters, and fuzzy logic provides flexibility and the ability to make decisions in conditions of incomplete or fuzzy information. This combined approach allows the algorithm to work efficiently even in complex and unstable conditions, increasing the accuracy of airborne target identification.

**Keywords:** adaptability, algorithm, identification, noise.

In order to ensure adaptability to changing environmental conditions, an algorithm for identifying the type of air targets based on a combination of the Kalman filter and fuzzy logic has been developed. The main input parameters for identifying the type of air targets are: effective scattering area, speed, flight altitude, and target maneuverability. The MATLAB environment was used for modeling, in particular, the `unscentedKalmanFilter` function to reduce the impact of noise and the Fuzzy Logic Toolbox library for fuzzy inference.

In the modeling, the type of target was determined based on the linguistic variables selected for each input parameter. For example, for speed, fuzzy sets with such linguistic categories as “low”, “medium”, and “high” were used. For maneuverability, categories such as “stable rate and/or altitude”, “moderate change in rate and/or altitude”, “sharp change in rate and/or altitude” were defined. Fuzzy logic allows you to classify targets even if the parameters are at borderline values or are changing in real time. The algorithm decides on the type of target based on fuzzy logic rules of the “IF - THEN” type. For example:

if the speed is high and the course and/or altitude is stable, it is a missile;

if the speed is medium and the course and/or altitude changes abruptly, it is an airplane.

After processing the input parameters, the algorithm performed defuzzification, converting

fuzzy values into a clear result - the type of air target.

The simulation was conducted in conditions close to the real air environment, including high noise levels and the use of electronic interference. In particular, several scenarios were tested in the simulation:

low noise level - up to 10 dB; medium noise level - up to 20 dB;

high noise level - up to 30 dB, which corresponds to active electronic jamming.

The use of a Kalman filter significantly reduced errors in measuring the speed and height of the target, and fuzzy logic ensured the algorithm's resistance to rapid changes in the target's trajectory and parameters [2]. For example, at a noise level of up to 10 dB, the classification accuracy was 85%, and when the noise level increased to 30 dB, the accuracy dropped to only 75%. These results demonstrate the algorithm's high resistance to external interference and measurement inaccuracies.

In addition, the results were compared with known target characteristics, which confirmed the algorithm's ability to accurately identify types of objects such as missiles, unmanned aerial vehicles, and airplanes. The system's response time allows the algorithm to be used in real time for effective target identification.

The proposed air target type identification algorithm, which combines a Kalman filter and fuzzy logic, has demonstrated high adaptability and noise resistance in the face of electronic interference and complex air conditions [3-4]. Simulations have shown that the algorithm maintains high target identification accuracy even at high noise levels, which is critical for modern air defense systems where decisions need to be made in real time.

The combination of a Kalman filter for data processing and fuzzy logic for decision-making under uncertainty allows the algorithm to effectively adapt to changing conditions while maintaining high classification accuracy and response speed. This makes it a reliable tool for solving identification problems in modern combat.

#### LIST OF REFERENCES

1. Yaroshchuk, R. (2024). Development of a model for determining the priority of air targets based on fuzzy logic. *International Competition of Student Scientific Works Black Sea Science 2024, Proceedings*, 422–433. Available: [https://drive.google.com/file/d/17Rj12sjs02vdB0vh4jehhFP59TL\\_xAH4/view](https://drive.google.com/file/d/17Rj12sjs02vdB0vh4jehhFP59TL_xAH4/view).
2. Kumar, M., & Mondal, S. (2023). A fuzzy-based adaptive unscented Kalman filter for state estimation of three-dimensional target tracking. *International Journal of Control, Automation, and Systems*. <https://doi.org/10.1007/s12555-022-0441-9>.
3. Asl, R. M., Palm, R., Wu, H., & Handroos, H. (2020). Fuzzy-based parameter optimization of adaptive unscented Kalman filter: Methodology and experimental validation. *IEEE Access*, 8, 54887–54904. <https://doi.org/10.1109/access.2020.2979987>.
4. Bonyan Khamseh, H., Ghorbani, S., & Janabi-Sharifi, F. (2019). Unscented Kalman filter state estimation for manipulating unmanned aerial vehicles. *Aerospace Science and Technology*, 92, 446–463. <https://doi.org/10.1016/j.ast.2019.06.009>.

**Волков Андрій Федорович** – начальник кафедри, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, e-mail: vaf75takt@gmail.com, ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1566-9893>.

**Ярошук Роман Віталійович** – курсант, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, e-mail: 044royk@gmail.com, ORCID <https://orcid.org/0009-0002-4960-5476>

**Volkov Andrii Fedorovich** – head of department, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, e-mail: vaf75takt@gmail.com, ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1566-9893>.

**Yaroshchuk Roman Vitaliovich** – cadet, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, e-mail: f044royk@gmail.com, ORCID <https://orcid.org/0009-0002-4960-5476>.