

## ПІДВИЩЕННЯ ІМОВІРНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄКТІВ В ПОВІТРЯНОМУ ПРОСТОРІ

<sup>1</sup> Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

<sup>2</sup> Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника;

<sup>3</sup> Харківський національний університет радіоелектроніки

### Анотація

*Запропоновано метод підвищення імовірності інформаційного забезпечення користувачів системи контролю повітряного простору при дії внутрісистемних і навмисних корельованих та некорельованих завад за рахунок спадкоємного переходу до інформаційної мережі систем спостереження повітряного простору.*

**Ключові слова:** повітряний простір, повітряний об'єкт, ймовірність, система спостереження, показник якості, інформаційна мережа.

### Abstract

*The method is proposed to increase the probability of information support for users of the airspace control system under the influence of intra-system and intentional correlated and uncorrelated interference due to the successive transition to the information network of airspace surveillance systems.*

**Keywords:** airspace, air object, probability, surveillance system, quality indicator, information network.

### Вступ

Кожна країна створює умови, щоб достовірно визначати що за об'єкти перетинають її повітряні кордони. В основному, цю інформацію надає система контролю повітряного простору (КПП). КПП створюються на основі інформаційних технологій (ІТ) і автоматизованих систем управління (АСУ) [1-3]. Їх реалізація базується на широкому використанні стандартних апаратно-програмних засобів сучасних обчислювальних систем при обробці інформації систем спостереження (СС) повітряного простору [4-6]. Основними СС в Об'єднаній цивільно-військовій системі організації повітряного руху України є первинні та вторинні (ідентифікаційні за ознакою «свій-чужий») СС [7-9]. Первинні СС надають інформацію «де» знаходиться повітряний об'єкт (ПО), а вторинні – «хто». Тільки наявність достовірної інформації від первинних та вторинних СС дозволяє прийняти правильне рішення про приналежність повітряного об'єкта [10-12].

Метою роботи є підвищення імовірності визначення об'єктів в повітряному просторі.

### Результати дослідження

На сьогодні обробка інформації СС неможлива без широкого використання ІТ, що дозволяє реалізувати автоматичний видобування, збір, обробку, зберігання, передачу й видачу інформації споживачам, підвищуючи при цьому практично всі показники якості.

Система обробки інформації СС безпосередньо пов'язана із джерелами сигналів і забезпечує рішення наступних завдань: просторової обробки когерентних сигналів; часової обробки когерентних сигналів; міжперіодної компенсації пасивних завад; виявлення корисних сигналів, прийнятих від ПО, і відсіювання завад; визначення параметрів прийнятих сигналів; виявлення ПО; виміру координат і параметрів руху ПО; одержання польотної інформації з борта ПО; ідентифікації ПО за ознакою «свій-чужий»; «зав'язки» виявлених ПО у траєкторії й визначення параметрів цих траєкторій; обчислення згладжених і випереджених на деякий відрізок часу координат ПО; формування узагальненої повітряної обстановки в зоні управління від декількох джерел.

Рішення перерахованих задач призводить до різноманіття виконуваних системою функцій, пов'язаних з поетапністю обробки великих потоків інформації. На кожному етапі обробки виконуються

певні операції над вхідними сигналами наведена окремими пристроями різної складності. Система обробки може бути представлена як сукупність елементарних підсистем зі складними взаємозв'язками. Складність системи обробки не дозволяє проводити формалізацію й аналіз її роботи в цілому, тому доводиться попередньо розбивати систему на елементи й вивчати їхнє функціонування. У зв'язку із цим, доцільно, щоб елементи системи обробки мали чітко виражене призначення, а також те, що їх можна було б описати з досить загальних математичних позицій. Такий підхід дозволяє процес обробки інформації СС повітряного простору розділити на декілька функціонально закінчених етапів.

Проведені розрахунки показують високу залежність імовірності виявлення ПО від коефіцієнта готовності літакового відповідача для запитальних СС.

Оптимальний алгоритм вимірювання координат синтезується, як правило, за критерієм максимальної правдоподібності. Вигляд функції правдоподібності залежить від статистичних характеристик сигналів і завад, форми діаграми спрямованості антенної системи, а також від способу сканування антени СС у процесі вимірювання. Точність оцінки координат, що у загальному випадку характеризується кореляційною матрицею погрішності оцінки, а в найпростішому випадку дисперсією погрішності оцінки.

Перехід до синхронних мереж систем спостереження істотно розширює можливості розподілених систем обробки інформації. Показано, що розподілена обробка інформації може здійснюватися: на рівні прийняття рішень про виявлення сигналів; на рівні прийняття рішень про виявлення повітряних об'єктів; на рівні виявлення траєкторії повітряних об'єктів.

Таким чином, оптимізація виявлення ПО за даними СС єдиної інформаційної мережі зводиться до вибору одного з вирішальних правил, що задовольняють алгоритму виявлення ПО при об'єднанні попередніх рішень всіх часових каналів обробки, і до вибору відносного порогу виявлення сигналів, що забезпечує таке значення хибного виявлення, яке при вибраному вирішальному правилі дає необхідне значення результуючої ймовірності хибного виявлення ПО.

Проведено дослідження якості виявлення синтезованою структурою. При розподіленій обробці у цьому разі є дві схеми: ВН - виявлення сигналів та накопичення; НВ – накопичення сигналів та виявлення. Розрахунки проведено для чотирьох СС, дві з яких первинні, а дві вторинні. Порівняльний аналіз показує, що при різних логіках обробки потрібно змінювати і схему виявлення. Показано, що при логіці  $\frac{1}{4}$  ліпшу якість дає схема НВ (виграш складає 60 % при  $q=1,52$ ), а для логіки  $\frac{3}{4}$  - схема ВН (виграш складає 10 % при  $q=1,52$ ). Отримані розрахунки показують, що схема ВН менш чутлива до параметрів коефіцієнта готовності літакового відповідача

## Висновки

Проаналізовано основні принципи автоматизації процесів обробки даних в системі контролю повітряного простору та визначені функції, які повинна виконувати система контролю повітряного простору та особа, що приймає рішення.

В роботі було синтезовано оптимальну структуру обробки даних при централізованій обробці даних у синхронній мережі систем спостереження на рівні виявлення повітряного об'єкту і показано в яких випадках яка схема дає ліпшу якість виявлення даних. Показано що: для логіки обробки  $\frac{1}{4}$  ліпшу якість виявлення даних дає схема накопичення-виявлення (виграш складає 60 %), а для логіки  $\frac{3}{4}$  - схема виявлення – накопичення (виграш складає 10 % при); для малих логік обробки більш доцільна схема виявлення та подальшого накопичення, що забезпечує меншу чутливість до коефіцієнта готовності літакового відповідача повітряного об'єкта, а для великих логік – навпаки.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Теорія радіонавігаційних систем: навчальний посібник / П.Ю. Костенко, О.В. Висоцький, В.І. Васишин, О.В. Нікітін. Х.: ХУПС, 2013. 120 с.
2. Свид І.В., Обод І.І. Завадостійкість радіолокаційних систем ідентифікації за ознакою "свій-чужий": монографія. / І. В. Свид, І. І. Обод. Харків : Друкарня Мадрид, 2021. 254 с.
3. Комплексне інформаційне забезпечення систем управління польотами авіації та протиповітряної оборони / В. В. Ткачев, Ю. Г. Даник, С. А. Жуков та ін. – Київ : МОУ, 2004. – 342 с.
4. Решетняк К.О. Використання алгоритму ковзного середнього в беззапиту режимі вимірювання дальності у радіотехнічній системі ближньої навігації умовах дій радіозавад. Науковий керівник – к.т.н., доц. Свид І.В. // LIV Всеукраїнська науково-технічна конференція факультету інформаційних електронних систем ВНТУ. м. Вінниця 24-27.03.2025 р. Вінниця, ВНТУ.

5. Свид І. В. Обробка радіолокаційної інформації систем спостереження повітряного простору: монографія. / І. В. Свид. Дніпро : ЛІРА ЛТД, 2022. 224 с.
6. Про об'єднану цивільно-військову систему організації повітряного руху України : Постанова КМУ від 19 липня 1999 р. № 1281.
7. І.І. Обод, І.В. Свид, О.С. Мальцев. Обробка даних радіолокаційних систем спостереження повітряного простору: навчальний посібник. - Харків: Друкарня Мадрид, 2021. - 255 с.
8. Обод І.І., Свид І.В., Штих І.А. Завадозахищеність запитальних систем спостереження повітряного простору: монографія. / За заг. ред. І.І. Обода. - Харків: ХНУРЕ, 2014. - 312 с.
9. Обод І.І., Стрельницький О.О. Інформаційна безпека інформаційної мережі систем спостереження повітряного простору // Системи обробки інформації. 2015. № 9(134). С. 96 – 98.
10. Chen Su, Chuanyun Zou, Liangyu Jiao, Qianglin Zhang. A MIMO Radar Signal Processing Algorithm for Identifying Chipless RFID Tags. Sensors (Basel). 2021 Dec 12;21(24):8314.
11. Z. Zhou, C. Zeng, H. Wang and G. Liao. Networked Radar System: A More Advanced Radar Detection Platform. 2023 3rd International Conference on Frontiers of Electronics, Information and Computation Technologies (ICFEICT), Yangzhou, China, 2023, pp. 506-512.
12. Таршин В. А., Танцюра О. Б., Куравський М. В. Шляхи підвищення імовірності виявлення та розпізнавання об'єктів на зображеннях різноспектральних оптико-електронних систем розвідки. Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. 2021. № 3(44). С. 141–146. URL: <https://doi.org/10.30748/nitps.2021.44.16>.

**Решетняк Катерина Олександрівна** — слухач групи 453С, факультет автоматизованих систем управління та наземного забезпечення польотів авіації, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, e-mail: [katerinaresetnak08@gmail.com](mailto:katerinaresetnak08@gmail.com).

**Свид Ірина Вікторівна** — к.т.н., доцент, доцент кафедри авіаційних радіотехнічних систем навігації та посадки, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків; професор кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки, Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, м. Івано-Франківськ.

**Бойко Наталія Вікторівна** — асистент кафедри мікропроцесорних технологій і систем, Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків.

**Reshetniak Kateryna A.** — student of group 453C, Faculty of Automated Control Systems and Ground Support of Aviation, Kharkiv National Air Force University named after Ivan Kozhedub, Kharkiv, email: [katerinaresetnak08@gmail.com](mailto:katerinaresetnak08@gmail.com).

**Svyd Iryna V.** — D. in Engineering, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Aviation Radio Navigation and Landing Systems, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv; Professor of the Department of Computer Engineering and Electronics Vasyl Stefanyk Precarpathian National University, Ivano-frankivsk.

**Boiko Natalya V.** — Assistant Professor, Department of Microprocessor Technologies and Systems, Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv.