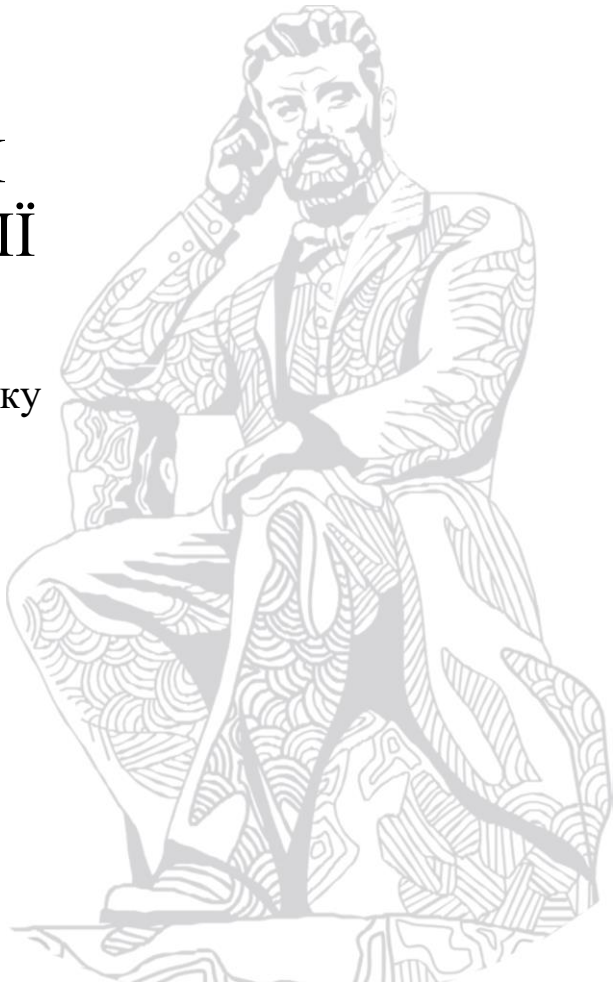
Інженерія комп’ютерних та електронних систем
ECES-2026

Перша міжнародна науково-практична конференція

МАТЕРІАЛИ
КОНФЕРЕНЦІЇ

28 - 30 травня 2026 року



Івано-Франківськ
2026

ТЕХНОЛОГІЇ ДРОНОДЕТЕКЦІЇ. ВИЯВЛЕННЯ СИГНАЛІВ НА ТЛІ ЗАВАД

професор Стрілкова Т.О., с.н.с. Литюга О.П., асистент Пятайкіна М.І., студент Пєвцова М.О., студент Дмитрук С.С.
Харківський національний університет радіоелектроніки, кафедра мікроелектроніки, електронних приладів та пристроїв,
e-mail: tetiana.strilkova@nure.ua, oleksandr.lytiuha@nure.ua, mariia.piataikina@nure.ua madina.pievtsova@nure.ua, sofiia.dmytruk@nure.ua

Abstract. The article addresses the problem of detecting unmanned aerial vehicles under conditions of interference and background noise. The relevance of the study is determined by the growing use of unmanned aerial vehicles in monitoring, logistics, security, and combat operations, where timely detection of airborne objects is critically important. Particular attention is paid to the influence of the stochastic properties of the signal and external interference on the probability of correct detection and the rate of false alarms. The main sources of interference for radio-frequency, acoustic, and optical detection channels are analyzed. A conceptual approach is proposed, based on the probabilistic assessment of signal and noise characteristics.

Ключові слова: безпілотні літальні апарати, перешкоди, фоновий шум, імовірнісна оцінка, помилкові тривоги, виявлення.

Вступ. Системи дронодетекції працюють в умовах складного електромагнітного середовища. Головний виклик – не просто виявити сигнал, а достовірно відрізнити корисний сигнал від завади. Хибні спрацювання мають пряму операційну ціну: Надмірне навантаження операторів системи відволікають численні помилкові тривоги, знижуючи увагу до реальних загроз. Втрата довіри. Системи з високим рівнем хибних спрацювань виключаються з операційного використання. Економічні витрати. Реагування на кожну хибну тривогу потребує ресурсів і часу персоналу. Метою роботи є підвищення точності систем виявлення дронів шляхом створення концептуальної моделі, що враховує стохастичну природу сигналів БПЛА та фонових завад. Використання ймовірнісних методів дозволить мінімізувати хибні спрацювання, спричинені шумами чи нецільовими об'єктами.

Основна частина. У системах дронодетекції важливим завданням є виявлення корисного сигналу на тлі шумів і завад. Залежно від принципу роботи системи можуть використовуватися радіочастотні, акустичні, оптичні та комбіновані канали спостереження. Кожен із них має свої переваги та обмеження, однак усі вони чутливі до дії зовнішніх факторів. Для радіочастотних систем характерними є впливи сторонніх передавачів, засобів радіоелектронної боротьби та багатопроменевого поширення сигналу. Для акустичних систем значний вплив мають транспортний шум,

вітер, промислові об'єкти та інші джерела фонового звуку. В оптичних системах якість виявлення суттєво залежить від освітленості, погодних умов, контрасту об'єкта та наявності візуальних перешкод [1-3]. Ефективність виявлення БпЛА визначається співвідношенням сигнал/шум, енергетичними характеристиками сигналів, спектральними властивостями завад та правильним вибором порогу прийняття рішення [4-5]. Якщо поріг є надто низьким, зростає кількість хибних тривог; якщо надто високим – підвищується ймовірність пропуску цілі. Саме тому доцільним є застосування ймовірнісного підходу, що дає змогу оцінювати характеристики правильного виявлення та хибної тривоги з урахуванням стохастичної природи як сигналів БПЛА, так і фонових завад. Запропонований підхід ґрунтується на побудові концептуальної моделі виявлення, у межах якої враховуються параметри корисного сигналу, рівень шуму, типи завад та умови спостереження [6-7]. Така модель дозволяє визначати робочі режими системи, за яких імовірність правильного виявлення залишається достатньо високою при допустимому рівні хибної тривоги. Практичне значення підходу полягає в можливості підвищення точності функціонування систем дронодетекції та мінімізації помилкових рішень у складному сигнально-завадовому середовищі.

Запропонована методика реалізується у послідовні етапи, кожен з яких вносить вклад у підвищення достовірності виявлення. На кожному етапі враховуються стохастичні властивості середовища, що дозволяє системі адаптуватись до умов спостереження, що змінюються, без перенавчання або ручного налаштування порогів оператором. Перший етап – аналіз умов спостереження (відкрита місцевість, міська забудова, перешкоди), які формують унікальний профіль завад. Другий етап – ідентифікація джерел завад (тепловий шум, індустріальні завади, сигнали інших БПЛА, клатер, навмисні перешкоди), кожному з яких приписується відповідний статистичний профіль – гауссівський, негауссівський або нестаціонарний; на цьому ж етапі для корисного сигналу БПЛА модель враховує випадковий характер амплітуди та часової структури (імпульсний чи неперервний режим). Третій етап – перевірка гіпотез (тільки завади, сигнал + завади) з адаптивним оцінюванням статистик завад, що дозволяє обчислювати ймовірність хибної тривоги та правильного виявлення. Четвертий етап – визначення оптимального порогу виявлення, який мінімізує кількість хибних спрацювань без втрати чутливості, навіть за умов змінюваного відношення сигнал/шум (SNR) та нестаціонарності завад. На кожному етапі враховуються стохастичні властивості середовища, що дозволяє системі адаптуватись до умов спостереження, які змінюються, без перенавчання або ручного налаштування порогів оператором. В доповіді представлені моделі вихідних сигналів систем дронодетекції, що враховують енергетичний та статистичний розподіл сигналів та завад. Наведено щільності імовірності та просторовий розподіл

сигналів та завад з урахуванням їх характеристик (рис. 1, 2). Запропонована методика забезпечує оптимізацію вибору порогу виявлення (рис. 3).

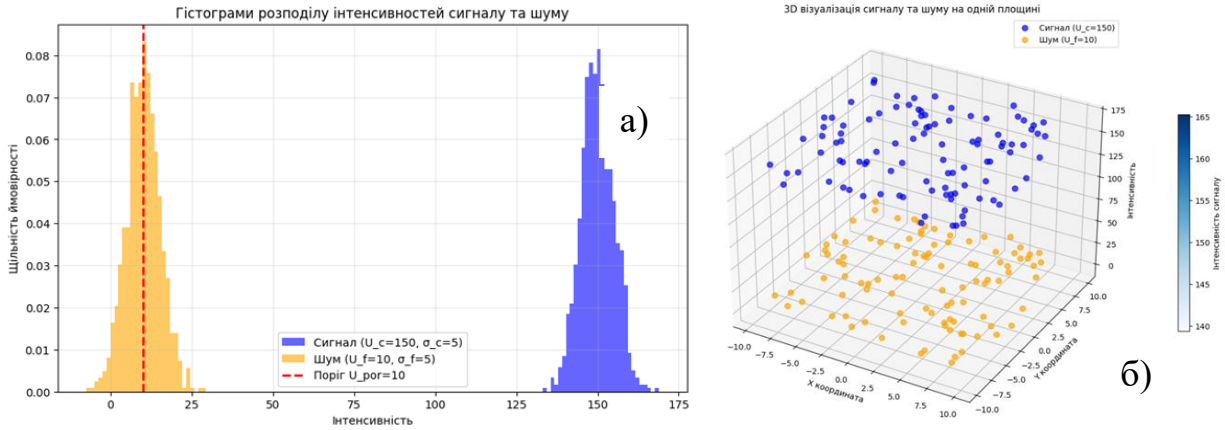


Рисунок 1 – а) щільність імовірності сигналів та завад;
б) просторовий розподіл сигналу та завад

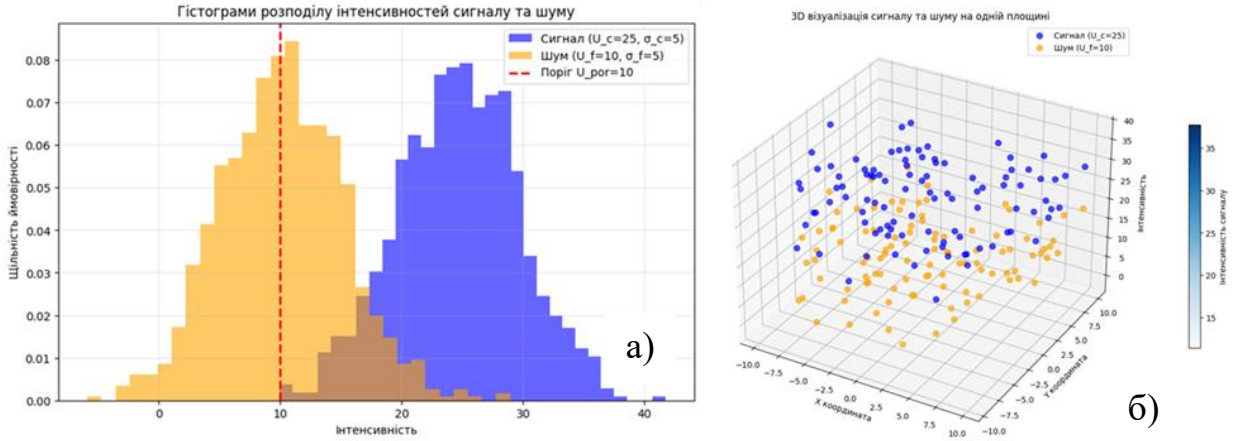


Рисунок 2 – а) щільність імовірності сигналів та завад;
б) просторовий розподіл сигналу та завад

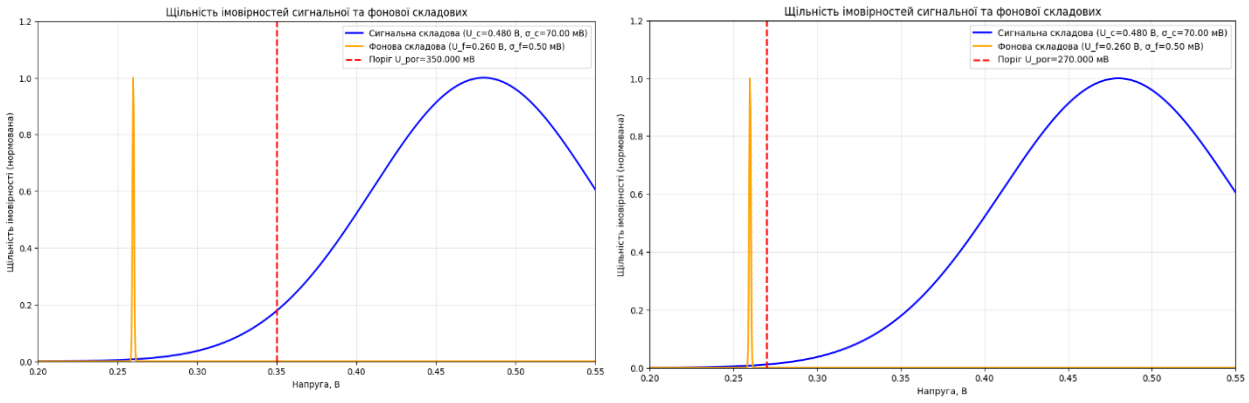


Рисунок 3 – Вибір порогу виявлення в залежності від характеристик сигналу

Висновки. Системи дронодетекції працюють у складному сигнально-завадовому середовищі, де ключовим завданням є достовірне відокремлення корисного сигналу від шумів та перешкод. Запропонована

концептуальна модель виявлення враховує стохастичну природу сигналів БПЛА та завад, що дозволяє оцінювати ймовірність правильного виявлення та хибної тривоги. Використання ймовірнісних методів забезпечує адаптивність системи до змінних умов спостереження без потреби у переналаштуванні порогів оператором. Оптимізація вибору порогового значення мінімізує кількість хибних спрацювань при збереженні високої чутливості до цільових сигналів. Практичне значення методики полягає у підвищенні точності та надійності роботи систем дронодетекції, що знижує операційні витрати та підвищує довіру до їх використання у реальних умовах.

Список використаних джерел.

1. Стрілкова Т.О., Пятайкіна М.І., Дмитрук С.С., Пєвцова М.І. Інформаційна система моделювання процесу реєстрації оптичного випромінювання / VII форум «Автоматизація, електроніка та робототехніка. Стратегії розвитку та інноваційні технології» AERT-2025, 11-12 грудня 2025 р, С. 58-61.

2. Шевченко М.С., Стрілкова Т.О. Формування та обробка інформації в дифузному середовищі на основі технології обробки великих даних (BIG DATA) // Матеріали 29-го Міжнародного молодіжного форуму «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті». Харків, 16-18 травня 2025 року, ХНУРЕ, С. 64–65.

3. Бородін Я. В, Стрілкова Т.О. Застосування хмарних технологій в галузі мікро- та нанотехнологій // Матеріали 29-го Міжнародного молодіжного форуму «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті». Харків, 16-18 травня 2025 року, ХНУРЕ, С. 71–73.

4. Патров Д.О., Стрілкова Т.О. Оцінка ефективності оптико-електронних систем формування та обробки сигналів та зображень // Матеріали 29-го Міжнародного молодіжного форуму «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті». Харків, 16-18 травня 2025 року, ХНУРЕ, С. 27–29.

5. Патров Д.О., Стрілкова Т.О. Технології обробки Big Data в оптико-електронних системах з урахуванням статистичних властивостей вихідних сигналів // Приладобудування: стан і перспективи. : збірник матеріалів XXIV-ї Міжнар. наук.-техн. конф., 13-14 травня 2025 р. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2025, С.56-59.

6. Strelkova T.A., Lytyuga A.P., Kalmykov A.S. Statistical Characteristics of Optical Signals and Images in Machine Vision Systems Examining Optoelectronics in Machine Vision and Applications in Industry 4.0. 2021, Pages: 134-162. doi: 10.4018/978-1-7998-6522-3.ch005.

7. T. Strelkova, A.I. Strelkov, V.M. Kartashov, A. P. Lytyuga, A S. Kalmykov. Methods of Reception and Signal Processing in Machine Vision Systems // Examining Optoelectronics in Machine Vision and Applications in Industry 4.0., 2021, Pages: 71-102. doi: 10.4018/978-1-7998-6522-3.ch003.