

РОЗРОБКА МЕТОДІВ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ В ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМАХ З УРАХУВАННЯМ ЧАСУ РЕЄСТРАЦІЇ

Матвієнко Є. П. Шутєєв Н. В. Стрількова. Т. О.

e-mail: yehor.matviienko@nure.ua, tetiana.strilkova@nure.ua

Харківський національний університет радіоелектроніки
Харків, Україна

In modern detection systems, identifying objects in complex scenes is often hindered by noise and faint signal levels. This research proposes a signal accumulation method that integrates multiple frames to significantly improve the signal-to-noise ratio and highlight critical regions. By modeling the spatial-temporal distribution of signals, our approach enhances detection accuracy while mitigating the impact of random noise. We employ pre-processing, frame-by-frame integration, and threshold-based filtering to isolate relevant signal components. Experimental results demonstrate that this method reliably boosts signal clarity, making it a promising solution for a range of applications, from radar surveillance to advanced image processing.

Сучасні технології обробки сигналів та зображень стикаються з викликами у виділенні корисної інформації з численних шумових компонентів. Однією з проблем є недостатня чутливість традиційних методів до слабких, просторово-часових сигналів, що є критичним у системах моніторингу, радіолокації та відеоспостереження [1, 2, 3]. Метод накопичення дозволяє інтегрувати інформацію з послідовних кадрів, що сприяє покращенню співвідношення сигнал/шум та підвищенню точності виявлення об'єктів. Як ілюструється на рисунку 1, базова схема накопичення демонструє, як окремі знімки об'єднуються для отримання більш детальної просторової гістограми сигналу.

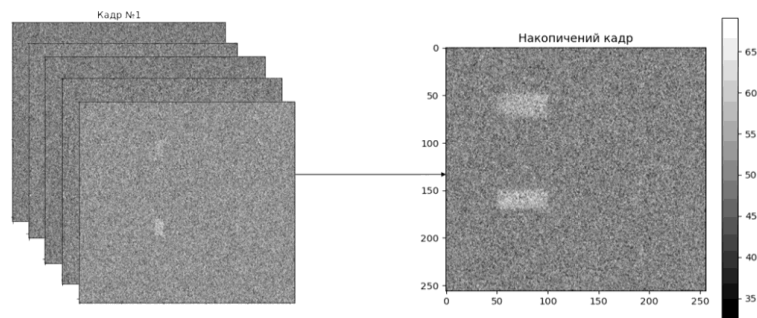


Рисунок 1 – Метод накопичення

Сигнали в оптико-електронних системах є багатопараметричними. Корисні сигнали та перешкоди мають стохастичний характер. Граничні можливості виявлення системи визначаються співвідношенням енергії корисного сигналу і рівнем флуктуацій шуму [4]. Статистичні та

просторово-енергетичні характеристик сигналів суттєво впливають на основні параметри виявлення малорозмірних об'єктів. При виявленні малорозмірних цілей застосовуються методи покращення характеристик виявлення, які враховують часові характеристики реєстрації сигналів [4, 5]. Метою роботи є розробка методу покращення характеристик виявлення оптико-електронних систем при виявленні малорозмірних об'єктів.

В доповіді представлені дослідження розробки та впровадження методу оцінки просторово-часового розподілу сигналу з урахуванням часу реєстрації. Для формалізації процесу накопичення сигналів ми запропонували математичну залежність, яка описує інтеграцію даних із послідовних кадрів. Кожен окремий кадр можна подати у вигляді:

$$I_k(x, y) = S_k(x, y) + n_k(x, y) \quad (1)$$

де $I_k(x, y)$ – у k-му кадрі, $S_k(x, y)$ – корисна сигнальна складова, а $n_k(x, y)$ є шумовою складовою.

Наш алгоритм моделювання враховує часову та просторову динаміку сигналу. У результаті накопичення формується інтегральне зображення (або інтегральний сигнал):

$$I_{\text{накоп}}(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N I_k(x, y) = S(x, y) + \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N n_k(x, y) \quad (2)$$

де N – кількість кадрів, а $S(x, y)$ – результуюча сигнальна складова (у випадку, якщо $S_k(x, y)$ приблизно однакова для всіх кадрів). За рахунок усереднення шумова складова зменшується, що призводить до змін імовірнісних характеристик виявлення сигналів та тлі завад.

Результати роботи алгоритму візуалізовано на Рисунку 2, де представлено залежність імовірності правильного виявлення та хибної тривоги від часу реєстрації.

Ефективність методу була перевірена через численні експерименти, які визначили вплив основних параметрів моделі на характеристики виявлення, дозволяючи оцінити практичну цінність отриманих результатів. Застосування розробленої моделі дозволило провести серію експериментів, які підтвердили можливість підвищення якості виявлення об'єктів завдяки методу збільшення часу реєстрації.

Розроблений алгоритм вирізняється високою адаптивністю до різноманітних експериментальних умов, що робить його універсальним інструментом як для аналізу окремих кадрів, так і для інтегрованого просторово-часового розподілу. Такі характеристики відкривають широкі можливості застосування методу в радіолокації, системах моніторингу та відеоспостереженні.

Результати дослідження вказують на доцільність подальшого вдосконалення моделі, зокрема через врахування додаткових параметрів та інтеграцію обробки даних у реальному часі, що потенційно підвищить

точність та оперативність аналізу.

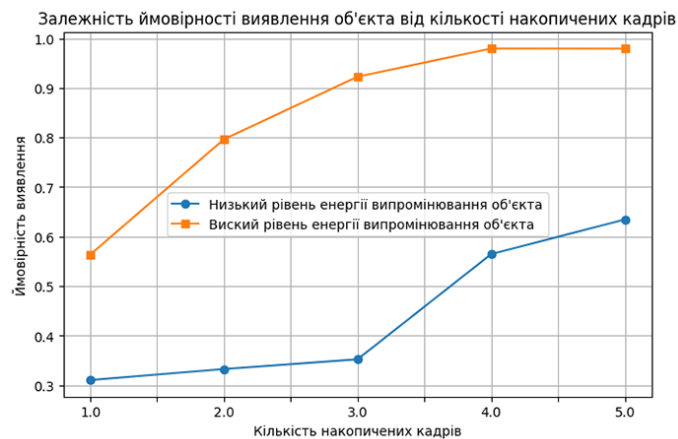


Рисунок 2 – Графік залежності змін імовірнісних характеристик виявлення від кількості накопичених кадрів

В цілому, дослідження підтверджує актуальність і перспективність використання методу накопичення для аналізу просторово-часових сигналів, що сприятиме розвитку сучасних систем виявлення та розпізнавання об'єктів.

Список використаних джерел

1. Прокопенко Е. В. Оптимізація методів виявлення та розрізнення сигналів від сторонніх об'єктів в оптико-електронних системах спостереження. Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. 2012. Вип. № 35. С. 50–54.

2. Strelkova T., Lytyuga A., Kalmykov A., Khoroshun G., Riazantsev A., Ryazantsev O. Influence of a signal description model on the calculations of the efficiency indicators of optoelectronic systems // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. – 4/5 (106). – pp. 41-50.

3. Стрількова Т. О. Литюга О.П., Дуднік О.В. Використання методів машинного навчання для інтелектуального аналізу даних систем відеоспостереження // XXIII Міжнародна науково-технічна конференція «ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи». Секція 2. Оптичні та оптико-електронні прилади системи. Фотоніка. 14-15 травня 2024 року, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна., С. 51-52.

4. T. A. Strelkova, A. P. Lytyuga, A S. Kalmykov. 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. Монографія. Chapter 5 in book . IGI Global. USA.

5. Матвієнко Є. П. Виявлення малорозмірних цілей, що низько летять, методом фонові радіолокації // 28-й Міжнародний молодіжний форум «Радіоелектроніка і молодь у ХХІІ столітті», ХНУРЕ, 16 – 18 травня 2024 р., Харків. С. 25-26.