

УДК 004.93

*Федоренко І. О., здобувач,  
Громико І. О., професор*

*Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна*

## **АЛГОРИТМ БІСПЕКТРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СЕЛЕКЦІЇ АНОМАЛІЙ В УМОВАХ НИЗЬКОГО ТЕПЛОВОГО КОНТРАСТУ**

Актуальним завданням сучасних систем дистанційного моніторингу є забезпечення надійної селекції об'єктів в умовах температурної рівноваги з фоном (ефект «теплового злиття»). Класичні моноспектральні довгохвильові інфрачервоні сенсори (LWIR) за таких умов втрачають інформативність. Для розв'язання цієї проблеми розроблено конвеєрний алгоритм цифрової обробки, який реалізує піксельне злиття даних теплового та ближнього інфрачервоного (NIR) діапазонів з активним підсвічуванням.

Запропонований конвеєр обробки відеопотоку структурно поділяється на етапи просторової синхронізації, фільтрації шумів, синтезу критерію аномальності та морфологічної сегментації.

На етапі попередньої обробки вирішується проблема апаратної зашумленості. З огляду на фізичні особливості мікроболометрів (схильність до утворення імпульсного шуму) та специфіку NIR-камер (генерація спекл-шуму від лазерного підсвічування), алгоритм застосовує нелінійну медіанну фільтрацію з апертурою  $3 \times 3$ . Це дозволяє нівелювати локальні екстремуми інтенсивності без деградації височастотних просторових компонент (контурів об'єктів), що є базовою вимогою для точного мультиспектрального аналізу [2].

Ключовою геометричною задачею є просторове суміщення кадрів. Через рознесення оптичних осей сенсорів алгоритм компенсує паралакс за допомогою матричного проективного перетворення простору (гомографії). Математична модель суміщення має вигляд:

$$s \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} = H \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix},$$

де  $x, y$  - координати пікселя у системі відліку NIR-сенсора,

$x', y'$  - відповідні координати у проекції LWIR-сенсора,

$H$  - матриця гомографії розмірністю  $3 \times 3$ , отримана на етапі стереокалібрування,

$s$  - масштабувальний коефіцієнт.

Для усунення похибок, пов'язаних із різною розрядністю АЦП сенсорів, виконується лінійна нормалізація гістограм інтенсивності до єдиного діапазону [0, 1].

Синтез результуючої маски базується на розрахунку критерію біспектральної невідповідності  $D$ . Цей показник кількісно оцінює ступінь порушення природної спектральної кореляції між тепловим випромінюванням та оптичним відбиттям об'єкта:

$$D(x, y) = |C_{LWIR}(x, y) - \alpha \cdot R_{NIR}(x, y)|,$$

де  $C_{LWIR}$  - нормований локальний тепловий контраст,

$R_{NIR}$  - інвертований коефіцієнт відбиття у NIR-діапазоні,

$\alpha$  - адаптивний ваговий коефіцієнт освітленості.

На фінальному етапі до отриманої карти невідповідності застосовується порогова бінаризація з подальшою математичною морфологією (операція «Відкриття»). Послідовне виконання ерозії та дилатації гарантовано відсікає хибні піксельні кластери (флуктуації фону) та відновлює цілісну топологію цілі [3].

Завдяки математичному моделюванню та структурному аналізу розробленого конвеєра, теоретично обґрунтовано його високу обчислювальну ефективність. Використання лінійних матричних перетворень замість ресурсоемних згорткових нейромереж створює передумови для функціонування алгоритму в реальному часі на малопотужних вбудованих платформах, забезпечуючи високу ймовірність стійкої селекції аномалій у складних умовах спостереження.

### Список використаних джерел:

1. Федоренко І. О. Біспектральний підхід до виявлення замаскованих об'єктів на основі поєднання теплових та ближніх інфрачервоних зображень. Інформаційні технології в сучасному світі: дослідження молодих вчених : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених, аспірантів і студентів. Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2026. С. 62.

URL:  
[https://repository.hneu.edu.ua/bitstream/123456789/38789/1/Студ\\_конф\\_I\\_C\\_2026+.pdf](https://repository.hneu.edu.ua/bitstream/123456789/38789/1/Студ_конф_I_C_2026+.pdf).

2. Gonzalez R. C., Woods R. E. Digital Image Processing. 4th ed. New York : Pearson, 2018. 1192 p.

3. Ma J., Ma Y., Li C. Infrared and visible image fusion methods and applications: A survey. Information Fusion. 2019. Vol. 45. P. 153–178.