

## ЗАСТОСУВАННЯ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ У НЕРУЙНІВНОМУ КОНТРОЛІ

**Анотація.** Робота присвячена дослідженню застосування мультиспектрального комплексування зображень видимої та інфрачервоної областей спектру для підвищення інформативності та завадостійкості результатів вимірів у тепловому неруйнівному контролі. Виконано аналіз таких методів з метою визначення доцільності їх використання в оптичних методах неруйнівного контролю. Розглянуто переваги та недоліки використання мультиспектрального комплексування зображень у тепловому неруйнівному контролі.

**Ключові слова:** комплексування, мультиспектральні зображення, теплові методи, неруйнівний контроль, оптичний контроль.

### ВСТУП

Тепловий метод займає визначне місце серед методів неруйнівного контролю. Цей метод заснований на реєстрації теплового випромінювання – оптичних хвиль у інфрачервоному спектрі. На сьогодні тепловий контроль широко застосовується в будівництві, промисловості, теплоенергетиці, аерофотозйомці. Серед приладів теплового неруйнівного контролю найбільш популярними є тепловізори. Тепловізор – прилад для спостереження розподілу теплових полів. Результатом роботи пристрою є формування термограми, відображення розподілу температури як колірної поля, де певній температурі відповідає певний колір або відтінок. Основними перевагами використання теплового неруйнівного контролю є: безконтактність, швидкодія, можливість роботи з об'єктом контролю з будь-якого матеріалу, широкий спектр інформації, можливість комбінування з іншими методами. Головним недоліком є вплив зовнішніх перешкод на результат контролю.

### МАТЕРІАЛИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для зменшення впливу зовнішніх перешкод на результат теплового контролю доцільно використовувати комплексування зображень (в англійській літературі – image fusion) – поєднання двох або більшої кількості зображень з метою підвищення інформативності результату.

Комплексування зображень в залежності від вхідних даних можна поділити на [1]:

- комплексування однотипних зображень, наприклад, у видимому спектрі довжин хвиль, в один момент часу та з різних точок спостереження (англ. multiview image fusion);
- комплексування різнотипних зображень, наприклад, у видимому й інфрачервоному спектрах (англ. multimodal image fusion);
- комплексування зображень, отриманих у різний час, наприклад, для виявлення змін (англ. multitemporal image fusion);
- комплексування зображень з різними фокусними відстанями об'єктиву (англ. multifocus image fusion);
- комплексування зображень однієї сцени з метою зменшення шумів та спотворень (англ. fusion for image restoration);

– комплексування з метою отримання більшої роздільної здатності результуючого зображення (англ. super resolution image fusion).

Методи комплексування можна поділити на 3 групи (рис. 1): комплексування на рівні пікселів; комплексування на рівні ознак; комплектація на рівні рішень.

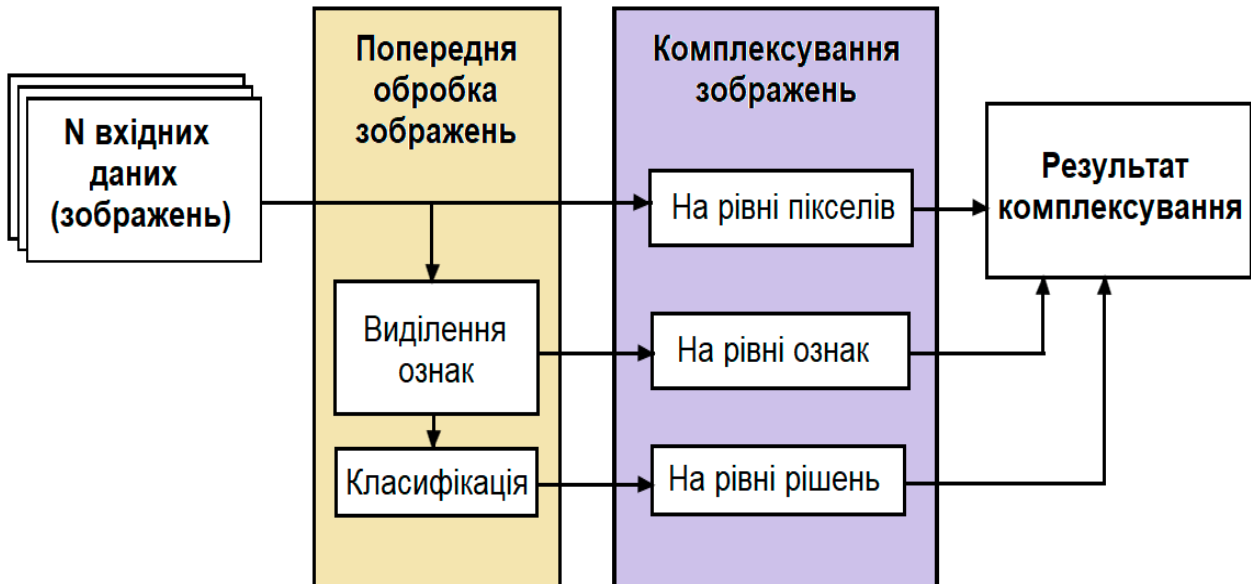


Рис. 1. Схема комплексування зображень для трьох груп: комплексування на рівні пікселів, комплексування на рівні ознак, комплексування на рівні рішень

Найпоширенішими є методи комплексування на рівні пікселів, адже вони є найпростішими. Результуюче зображення в даному випадку отримується шляхом виконання математичних операцій над пікселями вхідних зображень. Наприклад, метод максимумів (рис. 2), робота якого полягає в виділенні на результуючому зображенні пікселів максимальної інтенсивності з вхідних зображень [2].

При комплексуванні на рівні ознак об'єктами для операцій є вже певні характерні області. Виділення таких областей виконується незалежно в кожному вхідному зображенні. Методи з цієї групи розповсюджені менше, адже їх алгоритми досить ресурсовитратні та не існує універсального алгоритму сегментації та розпізнавання.

Найменш поширеною групою є комплексування на рівні рішень, що спричинено абстрактністю результату. Результатом такого методу є вже не комбіноване зображення, а деякий більш інформативний опис реальної картини.

На другому результаті комплексування мультиспектральних зображень (рис. 2) добре видно головну проблему комплексування – просторову неузгодженість. Тобто без просторової узгодженості неможливо отримати максимальну вигоду від піксельної комплектації. Для вирішення цієї проблеми використовують прив'язку зображень – приведення до однієї системи координат множини зображень однієї сцени. Для цього необхідно визначити ключові точки всіх вхідних зображень. Такі точки повинні бути образами однієї

і тієї ж ділянки сцени. Найважливішим параметром їх суміщення є тип характерних ознак зображення, на базі яких визначаються ключові точки.

Оскільки під час комплексування відбувається синтез нового зображення, то використовувати більшість стандартних метрик [3] для оцінювання методів обробки зображень неможна, адже вони використовують еталонні зображення, які в даному випадку відсутні. Тому доцільно використання безеталонних оцінок. У роботі [4] проведено аналіз таких оцінок та надані рекомендації використовувати при мультиспектральному комплексуванні метрику, запропоновану Ксайдісом і Петровічем (С. S. Xydeas, V. Petrović) [5], яка ґрунтується на ефективності перенесення градієнта з вхідних зображень на комплексоване та метрику, запропоновану Цвейчем та Лозою [6], що працює за принципом блочного порівняння вхідних зображень з результатом комплексування для оцінки ефективності перенесення інформації на результат комплексування вхідних зображень.

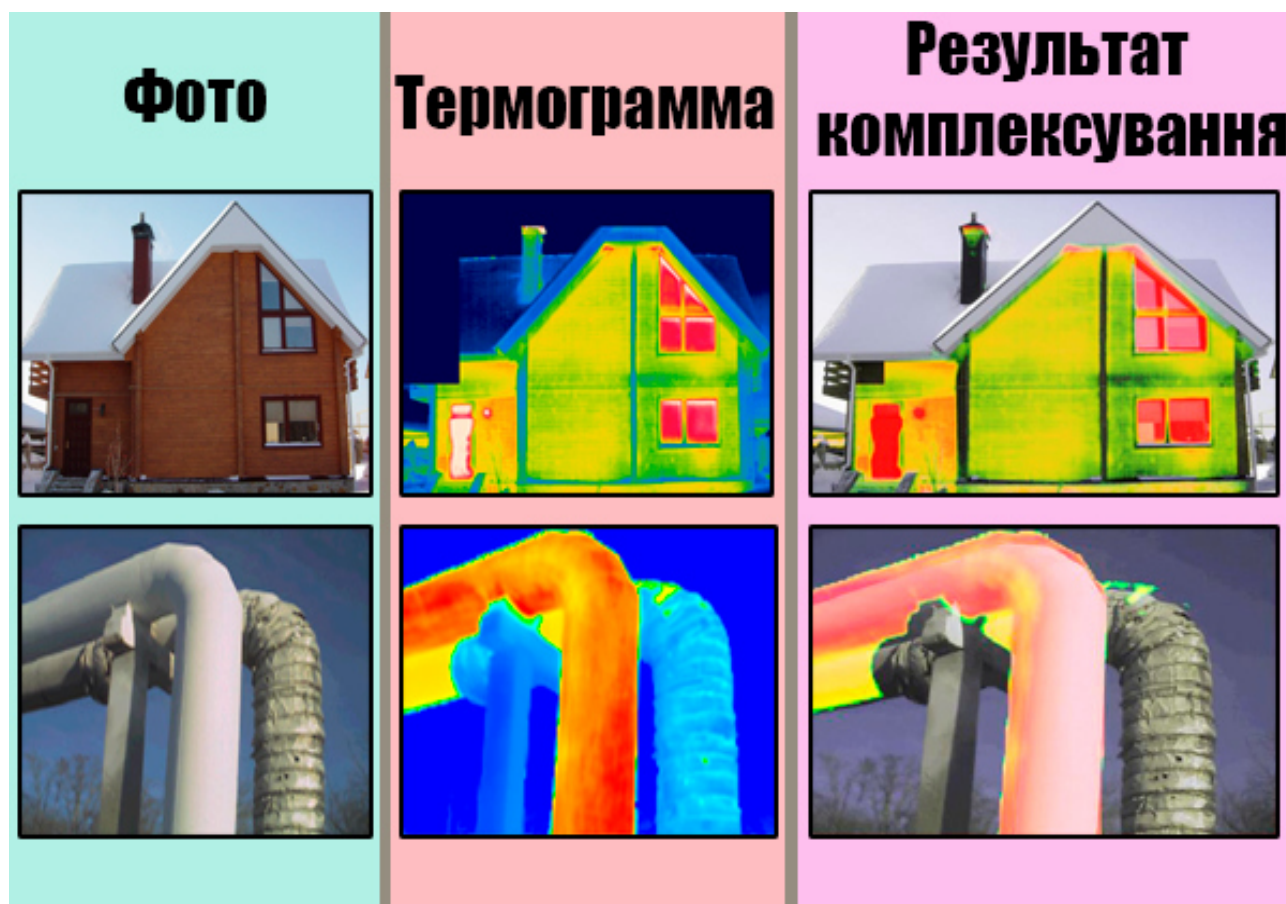


Рис. 2. Результат комплексування зображення у видимому та інфрачервоному спектрах методом максимумів

На основі проведених в Державному науково-дослідному інституті авіаційних систем експериментів по комплексуванню зображень на рівні векторів достовірності виявилось можливим зробити наступні висновки [7]:

- комплексування зображень завжди забезпечує більш високу вірогідність розпізнавання, ніж кожен з каналів окремо. При відмові одного з каналів рішення практично приймається по каналу, що залишився діючим;

- при комплексуванні за методом Демпстера-Шафера більша вага надається показаннями каналу з меншим коефіцієнтом невпевненості;
- при появі перешкод високої інтенсивності комплексування на рівні векторів достовірності дозволяє прийняти рішення навіть тоді, коли ні по одному з каналів окремо його прийняти неможливо.

## ВИСНОВКИ

У методів комплексування є певна кількість недоліків, таких як необхідність використання прив'язки зображень та алгоритмів великої складності. Однак, комплексування зображень, без сумнівів, є неперевершеним механізмом для покращення інформативності та зменшення впливу завад при тепловому неруйнівному контролі. Так як більшість сучасних термограм і досі обробляється оператором, цікавими для розвитку стають технології одержання кольорового комплексного зображення, що є більш адаптованими для психофізичного сприйняття людиною в порівнянні з комплексуванням у градаціях сірого.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Гривачевський А. П. Підвищення інформативності мультиспектральних зображень шляхом мультимодального комплексування / А. П. Гривачевський, І. Н. Прудіус // *Вісник НТУУ «КПІ». Серія Радіотехніка. Радіоапаратобудування*. – 2018. – № 73. – С. 40-49.
- [2] Сторожик Д. В. Комплексування зображень, як спосіб покращення якості бінарної сегментації / Д. В. Сторожик, О. В. Муравйов // *XV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні», 10-11 грудня 2019 року, м. Київ, Україна: збірник праць конференції*. – 2019. – С. 290-293.
- [3] Protasov A. Reconstruction of the thermal field image from measurements in separate points / A. Protasov // *5th IEEE Microwaves, Radar and Remote Sensing Symposium, MRRS 2017; National Aviation University (NAU) Kyiv; Ukraine*. – 2017. – С. 89-92.
- [4] Liu Z. Objective assessment of multiresolution image fusion algorithms for context enhancement in night vision: a comparative study / Z. Liu, E. Blasch, Z. Xue, J. Zhao, R. Laganier, W. Wu // *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*. – Vol. 34, № 1. – 2012. – P. 94-109.
- [5] Xydeas C. S. Objective Image Fusion Performance Measure / C. S. Xydeas, V. Petrović // *Electronics Letters*. – Vol. 36, №. 4. – 2000. – P. 308-309
- [6] Svejic N. A Similarity Metric for Assessment of Image Fusion Algorithms / N. Svejic, A. Loza, D. Bul, N. Canagarajah // *Int'l J. Signal Processing*. – Vol. 2, № 3. – 2005. – P. 178-182.
- [7] Визильтер Ю. В. Проблемы Технического зрения в современных авиационных системах / Ю. В. Визильтер, С. Ю. Желтов // *Техническое зрение в системах управления мобильными объектами - 2010: Труды научно-технической конференции-семинара*. – М.: 2011. – С. 11-44.