В.А. Таршин, О.Б. Танцюра, М.В. Куравський

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ІМОВІРНОСТІ ВІЯВЛЕННЯ ТА РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ НА ЗОБРАЖЕННЯХ РІЗНОСПЕКТРАЛЬНИХ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ РОЗВІДКИ

У статті представлені результати порівняльного аналізу методів комплексування різноспектральних зображень. Це дозволило визначити перелік методів, удосконалення яких дозволить покращити імовірності виявлення та розпізнавання об'єктів на комплексованих зображеннях.

Для підвищення імовірності виявлення та розпізнавання об'єктів на зображеннях оптико-електронних систем в складних умовах спостереження пропонується здійснити удосконалення методів формування комплексованих різноспектральних зображень, в основу яких покладено можливість урахування локальних яскравісних, контрастних та структурних особливостей вихідних зображень.

Ключові слова: різноспектральні зображення, комплексування зображення, метод комплексування, імовірність виявлення, критерії якості зображення.

Вступ

Постановка проблеми. Застосування різноспектральних оптико-електронних систем розвідки (спостереження), у більшості випадків телевізійних (ТВ) та інфрачервоних (ІЧ), дозволяє контролювати ситуацію у визначених областях простору та забезпечувати своєчасне виявлення і розпізнавання об'єктів. У той же час досвід застосування різноспектральних засобів оптико-електронної розвідки на лінії розмежування сторін під час ведення бойових дій в операції Об'єднаних сил, що проводиться в окремих районах Донецької та Луганської областей України, при охороні державного кордону України вказує на низьку їх ефективність в складних умовах спостереження. Це характерно для випадків застосування противником аерозольних засобів маскування, зменшення помітності об'єктів на оточуючому фоні, природних умов (вечірніх та ранкових сутінок, димки над морською поверхнею та береговою лінією) [1]. У таких умовах використання окремо ТВ та ІЧ засобів розвідки як окремих каналів оптико-електронних систем спостереження (ОЕСС) не завжди забезпечує потрібні імовірності виявлення та розпізнавання об'єктів на зображеннях, особливо при неоднорідному фоні зображень.

Імовірність виявлення та розпізнавання об'єктів в складних умовах спостереження може бути покращена за рахунок комплексування різноспектральних зображень, отриманих ТВ та ІЧ каналами оптико-електронних систем розвідки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В роботах [2–9] розглянуто принципи побудови різноспектральних оптико-електронних систем розвідки, які вказують на переваги одночасного застосування декількох каналів спостереження. В той же час, по-

дальше покращення властивостей окремих різноспектральних каналів ОЕСС не дає пропорційного приросту ефективності таких систем. Що, в свою чергу, підкреслює актуальність розробки нових методів комплексування вихідних зображень.

В роботі [6] вказано, що застосування методів комплексування різноспектральних зображень дозволяє:

- підвищити контрастність зображення при оптимальному розподілі яскравості;
- покращити локалізацію контурів об'єктів;
- забезпечити підвищення достовірності розпізнавання;
- зменшити дію перешкод, характерних для одного з типів ДРФП;
- об'єднати на одному зображенні відмінні риси об'єктів сцени спостереження, отримані у різних діапазонах спектру.

З робіт [12–18] відомо, що серед методів комплексування виділяється група методів з відносно простим математичним апаратом, таких як усереднення, або максимумів яскравості, однак застосування таких методів не дає змогу відобразити в повній мірі відмінні риси різноспектральних зображень на результуючому. Більш складний математичний апарат мають методи морфологічного комплексування, вагових коефіцієнтів, аналізу основних компонент, маски, які мають кращі показники комплексування та підвищення інформативності.

У той же час, застосування відомих методів комплексування різноспектральних зображень не дозволяє отримати максимальне значення відношення об'єкт/фон (сигнал/шум) на комплексованому зображенні і тим самим забезпечити потенційні значення імовірностей виявлення та розпізнавання об'єктів в складних умовах спостереження, оскільки

не враховує локальні зміни фоново-об'єктового складу різноспектральних зображень.

Мета статті. Проведення порівняльного аналізу існуючих методів комплексування різноспектральних зображень та визначення підходів щодо підвищення імовірності виявлення та розпізнавання об'єктів на зображеннях різноспектральних оптико-електронних систем в складних умовах спостереження.

Виклад основного матеріалу

З роботи [13] відомо що, комплексування зображень – це процес поєднання інформації про реальну картину, що міститься в двох або більше зображеннях, отриманих в однакових або різних спектральних діапазонах довжин хвиль, у єдине зображення, яке є більш інформативним для візуального сприйняття або підвищує ефективність подальшої обробки.

За результатами аналізу доступних джерел [12–18] було визначено основні достатньо добре досліджені методи комплексування зображень, а саме:

- метод усереднення;
- методи максимуму яскравості пікселів;
- метод черзрядкового комплексування;
- метод морфологічного комплексування;
- метод вагових коефіцієнтів;
- метод аналізу основних компонент;
- метод степеневого перетворення;
- комплексування на основі виділення низькочастотної (НЧ) складової.

Використовуючи метод усереднення, для отримання зображення $Z(x, y)$ треба знайти середнє арифметичне значення вихідних різноспектральних зображень $F_1(x, y)$ та $F_2(x, y)$ [14; 16]. Цей метод забезпечує мінімальну кількість операцій обчислення та описується виразом

$$Z(x, y) = \frac{F_1(x, y) + F_2(x, y)}{2}. \quad (1)$$

Цей метод дає змогу працювати з слабкоконтрастними зображеннями. Однак, його суттєвим недоліком є загальне зменшення контрастності результуючого комплексованого зображення.

Метод максимуму яскравості пікселів [13; 15] ґрунтується на заміні елемента зображення $F_1(x, y)$ значенням зображення $F_2(x, y)$, якщо значення яскравості більше на другому зображенні. В результаті, одержуємо нове зображення $Z(x, y)$, яке поєднало інформаційні ознаки зображення F_1 та яскраво

виражені ознаки F_2 . Метод максимуму реалізується виразом

$$Z(x, y) = \max \{F_1(x, y), F_2(x, y)\}. \quad (2)$$

Метод максимуму яскравості пікселів є одним з найпростіших з точки зору програмної реалізації серед інших методів комплексування. В той же час, результат комплексування залежить від рівня яскравості вихідних зображень, що є недоліком при роботі з слабкоконтрастними зображеннями. Також трапляються пари зображень, в яких яскравість кожного пікселя ТВ спектру більша ніж в ІЧ, хоча це не означає, що зображення, зроблене тепловізором, не несе ніякої інформативності.

Метод черзрядкового комплексування [13; 15] реалізується на основі порядкового чергування між зображеннями. Цей метод реалізується складанням зображень $F_1(x, y)$ і $F_2(x, y)$ з чергуванням непарних і парних рядків із номером y . Математичний вираз при цьому має вигляд

$$Z(x, y) = \begin{cases} F_1(x, y), & y \in 1, 3, 5, \dots, N, \\ F_2(x, y), & y \in 2, 4, 6, \dots, N. \end{cases} \quad (3)$$

Основним недоліком даного методу є виражена періодична частотна складова на вихідному зображенні, та складність сприйняття комплексованого зображення оператором.

Результуюче зображення отримане методом морфологічного комплексування [6; 10] можна описати виразом

$$Z(x, y) = \frac{F_1(x, y) + P_{F_1} F_2(x, y)}{2}, \quad (4)$$

де P_{F_1} – проекція одного вхідного зображення на інше.

Етапами такого комплексування є:

- отримання морфологічної форми шляхом критеріального виділення мод гістограми;
- розрахунок морфологічних проекцій;
- комплексування зображення.

Основною перевагою даного методу є відсутність попередніх перетворень зображень для співпадіння масштабів.

Метод комплексування на основі вагових коефіцієнтів [10] передбачає попереднє приведення значень яскравості вхідних зображень до діапазону (0;1). Після даних перетворень матиме вигляд

$$Z(x, y) = \alpha F_1(x, y) + (1 - \alpha) F_2(x, y). \quad (5)$$

Завдяки простому математичному апарату та малій кількості метод є пріоритетним при виконанні комплексування зображень у реальному часі. Недоліком даного методу є відсутність єдиного підходу до визначення вагового коефіцієнта α .

В більшості випадків більшу вагу надають зображенням з більшою середньою яскравістю, але такий підхід не враховує зміну фонову-об'єктову обстановки на зображеннях.

Метод комплексування за принципом виділення низькочастотної складової [9] використовується для виділення контурів об'єктів та зменшення шумової складової. Комплексування передбачає:

- приведення значень яскравості вихідних зображень до діапазону значень $[0;1]$;
- застосування оператора Собеля до вихідних зображень та отримання зображень $F_1^s(x, y)$ та $F_2^s(x, y)$;
- отримання комплексованого зображення відповідно до виразу:

$$Z(x, y) = \frac{1}{3} \left[(1 - F_1^s(x, y)) + (1 - F_2^s(x, y)) + \frac{1}{2} (F_1^s(x, y) + F_2^s(x, y)) \right] \quad (6)$$

Перевагою використання даного методу є покращення чіткості контурів об'єктів, недоліком – часткова втрата інформації вихідних зображень $F_1(x, y)$, $F_2(x, y)$ під час приведення значень яскравості до визначеного діапазону.

Комплексування зображень на основі степеневого перетворення [15] в більшості випадків використовується для отримання результуючого зображення з підвищеним контрастом. Також цей метод є ефективним при роботі із зображеннями у реальному часі. Елемент зображення при такому комплексуванні визначається виразом:

$$Z(x, y) = F_1(x, y)^{1 - F_{2n}(x, y)/2^n}, \quad (7)$$

де $F_{2n}(x, y)$ – елемент негативного нормованого вихідного зображення;

n – розрядність зображення.

Основним недоліком даного методу є відсутність чіткої процедури вибору показника ступеня $F_1(x, y)$, що, в свою чергу, при невірному виборі показника може призвести до погіршення інформативності зображення.

Застосування для комплексування зображень $F_1(x, y)$, $F_2(x, y)$ методу маски [9] передбачає:

- приведення яскравості елементів розділення вхідних зображень до діапазону значень $[0;1]$;
- визначення необхідного рівня порогу яскравості (b);
- комплексування зображень згідно з виразом:

$$Z(x, y) = \begin{cases} 2F_1(x, y)F_2(x, y) + F_1^2(x, y)(1 - 2F_2(x, y)); \\ 2F_1(x, y)(1 - 2F_2(x, y)) + \sqrt{F_1(x, y)}(2F_2(x, y) - 1); \end{cases} \quad (8)$$

при $\begin{cases} F_1(x, y) < b; \\ F_2(x, y) \geq b, \end{cases}$

де $F_1(x, y)$ – базове вихідне зображення;

$F_2(x, y)$ – вихідне зображення-маска;

b – поріг яскравості базового зображення.

Застосування даного методу характеризується труднощами при виборі базового зображення та необхідного порогового рівня (b). Якщо параметри обрати неправильно, то можуть виникнути втрати інформативності об'єктів на результуючому зображенні.

В роботі [11] було проведено математичне моделювання перерахованих методів комплексування та оцінено їх ефективність та якість результуючих зображень за допомогою використання універсального показника якості (УПЯ). УПЯ включає в себе основні параметри оцінки якості зображень, таких як ентропія, відношення сигнал/шум, дисперсія та математичне сподівання яскравості, коефіцієнт кореляції зображення.

Узагальнений показник якості передбачає врахування локальних відмін яскравості, контрасту і структури об'єктів та фонів двох зображень. Розраховується такий показник для пар зображень, телевізійне-комплексоване

$$Q_0(F_1(x, y | w), F_k(x, y | w)), \quad (9)$$

або тепловізійне-комплексоване

$$Q_0(F_2(x, y | w), F_k(x, y | w)), \quad (10)$$

які показують, як змінюється якість комплексованого зображення відносно вихідних $F_1(x, y)$, $F_2(x, y)$ в межах w – “вікна оцінювання”, за формулою [11]:

$$Q_0(F_1(i, j | w), F_k(i, j | w)) = \frac{\sigma_{F_1, F_k}}{\sigma_{F_1} \sigma_{F_k}} \cdot \frac{2\bar{F}_1 \bar{F}_k}{\bar{F}_1^2 + \bar{F}_k^2} \cdot \frac{2\sigma_{F_1} \sigma_{F_k}}{\sigma_{F_1}^2 + \sigma_{F_k}^2}, \quad (11)$$

де σ_{F_1, F_k} – коефіцієнт кореляції вихідного та комплексованого зображення;

$\sigma_{F_1}^2, \sigma_{F_k}^2$ – дисперсія яскравості вихідного та комплексованого зображень;

$\bar{F}_1, \bar{F}_k$ – математичне сподівання яскравості вихідного та комплексованого зображення.

З формули (11) видно, що даний показник якості враховує дисперсію, математичне сподівання та кореляцію яскравості елементів вихідного зображення $F_1(x, y)$ та комплексованого зображення $Z(x, y)$, тому даний показник якості доцільно використовувати при об'єктивному аналізі результатів, отриманих шляхом комплексування різноспектральних зображень.

Результати оцінки ефективності методів за УПЯ наведені в табл. 1. Також для створення математичних моделей комплексування для кожного з методів було обрано певні обмеження, а саме:

- для методу маски було обрано величину порогу яскравості 0,4;
- при визначенні показника ступеня $F_1(x, y)$ в методі степеневого перетворення було обрано негатив зображення видимого діапазону;
- для розрахунку методом вагової функції більший коефіцієнт призначався за середньою яскравістю вхідних зображень;
- розрахунок проводився при значенні вікна сканування 8×8 пікселів.

Таблиця 1

Показник якості комплексування зображень

Методи комплексування	Значення УПЯ
Усереднення	0,359
Максимуму яскравості	0,276
Маски	0,441
Виділення НЧ складової	-0,266
Черезрядкове комплексування	0,490
Вагової функції	0,432
Степенеve перетворення	0,059
Морфологічне	0,227

Джерело: [12, С. 4].

Результати, наведені в табл. 1, дозволяють виділити методи з найбільшим показником ефективності комплексування.

Метод черезрядкового комплексування має найвищий показник якості серед запропонованих методів, але зображення, отримане в результаті такого комплексування, є складним для сприйняття оператором. Для приведення даного зображення до вигляду, який можливо використовувати в подальшій обробці, необхідно суттєво ускладнювати метод, що призводить до значного зниження УПЯ.

За результатами проведеного аналізу з точки зору подальшого удосконалення перспективними методами комплексування слід вважати методи маски та вагових коефіцієнтів через наявність при їх реалізації вагових коефіцієнтів у виразах (8), (5), зміна яких при комплексуванні зображень може відповідати зміні умов спостереження.

Метод маски може бути покращений шляхом вирішення завдань, які пов'язані з вибором базового зображення, здійснення перетворень над базовим зображенням, спрямованих на покращення його як вихідного зображення та визначення необхідної величини порогу яскравості для зменшення втрати інформативності.

Аналогічним чином, для підвищення імовірності виявлення та розпізнавання об'єктів на зображеннях оптико-електронних систем в складних умовах спостереження подальше удосконалення може стосуватися методу вагових коефіцієнтів. В такому випадку удосконалення методу повинно стосуватися надання йому можливості адаптації вагових коефіцієнтів, які використовуються при комплексуванні зображень із урахуванням їх локальних особливостей.

У першому та другому випадках при подальшому удосконаленні методів комплексування необхідно:

розробити (уточнити) математичну модель формування комплексованого зображення ОЕСС з урахуванням особливостей самої ОЕСС з різноспектральними датчиками інформації, умов фоновоб'єктової обстановки та протидії противника;

провести розробку удосконалених методів та алгоритмів комплексування різноспектральних зображень ОЕСС для підвищення імовірності виявлення та розпізнавання об'єктів на комплексованих слабконтрастних та спотворених зображеннях;

оцінити ефективність застосування розроблених методів та алгоритмів щодо підвищення імовірності виявлення та розпізнавання об'єктів на комплексованих слабконтрастних та спотворених зображеннях в різних умовах фоновоб'єктової обстановки та можливість їх застосування у режимі реального часу;

розробити рекомендації щодо застосування розроблених методів та алгоритмів для підвищення імовірності виявлення та розпізнавання об'єктів в різних умовах фоновоб'єктової обстановки.

Висновки

В роботі з використанням доступних джерел інформації проведено аналіз існуючих методів комплексування різноспектральних зображень оптико-електронних систем спостереження щодо визначення можливості та шляхів покращення імовірності виявлення та розпізнавання об'єктів на різноспектральних зображеннях, отриманих в складних умовах спостереження.

У якості перспективних для удосконалення за результатами аналізу обрано метод вагових коефіцієнтів та метод маски. Дані методи дозволяють отримати високі значення узагальненого показника якості без урахування локальної структури вихідних для

комплексування зображень. Підвищення імовірності виявлення та розпізнавання об'єктів на зображеннях, отриманих в складних умовах спостереження, може бути здійснене за рахунок вибору вагових коефіцієнтів комплексування зображень, отриманих ТВ та ІЧ каналами, з урахуванням фоновоб'єктового складу зображень, умов отримання зображень та протидії противника.

За результатами аналізу методів комплексування зображень визначені першочергові задачі, які потребують розв'язання для покращення імовірності виявлення та розпізнавання об'єктів на зображеннях, отриманих в складних умовах спостереження та протидії противника оптико-електронним системам спостереження.

Список літератури

1. Королев А. Ю. Маскировка вооружения, техники и объектов. Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2015. 158 с.
2. Коробчинський М. В., Руденко М. М. Застосування інфрачервоних засобів при вирішенні завдань підрозділів спеціального призначення сухопутних військ. *Військово-технічний збірник*. 2009. № 2. С. 78-84.
3. Балоев В. А., Мишанин С. С., Овсянников В. А., Филинов В. Л., Якубсон С. Е., Яцик В. С. Анализ путей повышения эффективности наземных оптико-электронных комплексов наблюдения. *Оптический журнал*. 2012. № 73(3). С. 22-32.
4. Мордвин Н. Н., Попов Г. Н. Концепция построения оптико-электронных приборов универсального назначения. *Известия вузов*. 2009. № 6. С. 34-39.
5. Гейстер С. Р. Перспективные системы и средства ведения наземной разведки. *Наука и военная безопасность*. 2006. № 2. С. 46-49.
6. Костяшкин Л. Н., Бабаев С. И., Логинов А. А., Павлов О. В. Технологии систем улучшенного-синтезированного зрения для управления летательными аппаратами. *Техническое зрение в системах управления мобильными объектами – 2010*. Труды научно-технической конференции семинара; под ред. Р. Р. Назирова. Вып. 4. Москва : КДУ, 2011. С. 45-56.
7. Пустовестов В. М., Добровольський А. Б. Дослідження питань ефективності тепловізійних засобів спостереження в різних кліматичних умовах. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2012. № 2. С. 205-207.
8. Визильтер Ю. В., Желтов С. Ю. Проблемы технического зрения в современных авиационных системах. *Техническое зрение в системах управления мобильными объектами – 2010*. Труды научно-технической конференции семинара; под ред. Р.Р. Назирова. Вып. 4. Москва : КДУ, 2011. С. 11-44.
9. Инсаров В. В., Михайлов И. И., Тохно С. В. Задачи принятия решений при слиянии изображений различных спектральных диапазонов. *Электронный научно-технический журнал "Техническое зрение"*. Вып. 3(3). С. 29-36.
10. Wang Z., Bovik C. A universal image quality index. *Signal processing letters*. Vol. XX, NO. Y, march 2002. P. 81-84.
11. Танцюра О. Б. Аналіз методів комплексування різноспектральних зображень з використанням універсального показника якості. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2016. № 4(25). С. 152-156.
12. Mishra D., Palkar B. Image Fusion Techniques: A Review. *International Journal of Computer Applications (0975 – 8887)*. No. 130(9), November 2015. P. 7-13.
13. Сторожик Д. В., Муравйов О. В., Протасов А. Г., Баженов В. Г., Богдан Г. А. Комплексування мульти-спектральних зображень як метод підвищення їх інформативності при бінарній сегментації. *KPI Science News*. 2020. № 2. С. 82-87.
14. Хижняк А. В. Комплексирование изображений в двухканальной оптико-электронной системе как способ снижения вероятности срыва автоматического сопровождения малоконтрастных объектов. *Доклады БГУИР*. 2019. № 7(125). С. 121-128.
15. Васильев А. С., Трушкина А. В. Методы комплексирования изображений в многоспектральных оптико-электронных системах. *26-я Международная конференция (GraphiCon2016)*. Нижний Новгород. 19-23 сентября 2016. С. 314-318.
16. Хижняк А. В., Шарак Д. С., Мамченко А. С. К вопросу об обосновании применения комплексирования изображений для систем автоматического сопровождения в условиях сложного фона. *Журнал радиоэлектроники*. 2019. № 5. URL: <http://jre.cplire.ru/jre/may19/2/text.pdf>. <https://doi.org/10.30898/1684-1719.2019.5.2>.
17. Рибалко М. С., Микитенко В. И. Стратегия комплексирования информации в двухканальных оптико-электронных системах наблюдения с разными полями зрения. *Артиллерийское и стрелковое вооружение: Международный научно-технический журнал*. Київ : НТЦ АСВ. 2011. № 1(38). С. 19-23.
18. Визильтер Ю.В., Выголов О. В., Комаров Д. В., Лебедев М. А. Комплексирование изображений разных спектральных диапазонов на основе генеративных состязательных сетей. *Известия РАН. Теория и системы управления*. 2019. № 3. С. 113-126.

Надійшла до редколегії 07.06.2021

Схвалена до друку 13.07.2021

Відомості про авторів:**Таршин Володимир Анатолійович**

доктор технічних наук професор
начальник кафедри
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-7059-6354>

Танцюра Олександр Борисович

кандидат технічних наук
науковий співробітник
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-3214-8643>

Куравський Максим Віталійович

ад'юнкт
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-9360-6850>

Information about the authors:**Volodymyr Tarshyn**

Doctor of Technical Sciences Professor
Head of Department
of Ivan Kozhedub Kharkiv National
Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-7059-6354>

Alexander Tantsiura

PhD
Research Associate
of Ivan Kozhedub
Kharkiv National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-3214-8643>

Maksym Kyravskiy

Doctoral Student
of Ivan Kozhedub
Kharkiv National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-9360-6850>

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ И РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ
НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ РАЗНОСПЕКТРАЛЬНЫХ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ НАБЛЮДЕНИЯ**

В.А. Таршин, А.Б. Танцюра, М.В. Куравський

В статье представлен сравнительный анализ методов комплексирования разноспектральных изображений, который показывает принципы применения данных методов, преимущества и недостатки, которые возникают при их использовании.

Для повышения вероятности обнаружения и распознавания объектов на изображениях разноспектральных оптико-электронных систем в сложных условиях наблюдения предлагается применение разработанных методов комплексирования разноспектральных изображений, основой которых является учет локальных яркостных, контрастных и структурных особенностей исходных изображений.

Ключевые слова: разноспектральные изображения, комплексирование изображений, метод комплексирования, вероятность обнаружения, критерии качества изображения.

**WAYS OF INCREASING THE PROBABILITY OF DETECTION AND RECOGNITION THE OBJECTS
IN THE IMAGES OF MULTI-SPECTRAL OPTICAL-ELECTRONIC OBSERVATION SYSTEMS**

V. Tarshyn, A. Tantsiura, M. Kyravskiy

The problem of applying multi-spectral optical-electronic observation systems has discussed in the article. It associated with the problems of reducing the probability of detection and recognition the objects in the images, which were receiving from different-band sensors in difficult observation conditions. For instance, the use of aerosol masking tools by the enemy, decrease the visibility of objects in the surrounding background, natural conditions (evening and morning twilight, haze over the sea surface and coastline). The analysis of the problem showed that further improvement of individual channels properties in optical-electronic systems of observation has not gave the proportional increase of efficiency in such systems. Moreover, it pays attention on the relevance of the development the new fusion methods of output images.

The article presents the results of comparative analysis of known fusion methods of multi-spectral images. During the analysis, the methods of implementation of sufficiently studied fusion methods were considered, which showed their advantages, disadvantages and issues that arise when using these methods. This made it possible to determine the list of methods, the improvement of which will lead to an improvement in the probability of detecting and recognizing objects on fused images. As perspective for improvement according to the results of the analysis, the method of weight coefficients and the mask method were chosen. These methods allow to obtain high values of the generalized quality indicator without taking into account the local structure of the output for the fusing images.

To increase probability of detection and recognition the objects in the images received by different-band sensors in difficult observation conditions, is proposed to improve the methods of formation fused multi-spectral images, which will be based on the possibility of taking into account local bright, contrast and structural features of the output images. On the basis of the obtained results, evaluate the quality of improved methods and develop recommends on the use of developed methods and algorithms to increase the probability of detecting and recognizing objects in different conditions of the background-object situation.

Keywords: multi-spectral images, image fusion, fusion method, probability of detection, image quality criteria.