

Д.М. Сорокін, О.Г. Яровенко

*Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ*

## **ФАКТОРИ І КРИТЕРІЇ РОЗПІЗНАВАННЯ ТИПОВОЇ ЦІЛІ В ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМАХ ПОВІТРЯНОЇ РОЗВІДКИ (СПОСТЕРЕЖЕННЯ)**

*Визначені особливості розпізнавання типових цілей повітряного спостереження. Уточнені основні фактори гарантованого виявлення, розпізнавання та ідентифікації окремих типових цілей повітряної розвідки. Визначені основні напрямки досліджень видових систем повітряної розвідки за критерієм розпізнавання при виявленні, розпізнаванні та ідентифікації типових цілей повітряної розвідки, які задокументовані оптико-електронною фотографічною системою в реальних умовах застосування: на краю смуги перспективного фотографування, при зниженні контрасту “об’єкт – фон”, при використанні штучного та природного маскування. Висновок базується на результатах практичного дешифрування цифрових аерофотоматеріалів, які виконані в результаті фотозйомки на літаках повітряного спостереження.*

**Ключові слова:** *повітряна розвідка, авіаційна фотографічна система, критерій Джонсона, рівень розпізнавання.*

### **Вступ**

**Постановка проблеми.** Реалії військової агресії російської федерації в Україні сформували потребу в забезпеченні Збройних Сил України сучасними оптико-електронними системами повітряної розвідки (ОЕСПР). Це пояснюється вимогою до їх спроможності за короткий проміжок часу, потайно задокументувати (сфотографувати) найбільш можливу площу аероландшафту з детальною, яка гарантує розпізнавання, виявлення та ідентифікацію типових цілей по всьому полю зображення. Визначення основних факторів, які впливають на розпізнавання типової замаскованої цілі по всьому полю багатоплощинного зображення аероландшафту та інструментів, що підвищують демаскуючі ознаки цієї цілі – основний критерій вибору (розробки) сучасних ОЕСПР. Вирішення цієї задачі забезпечить досягнення основних чинників в оперативності, достовірності і повноті добутої розвідувальної інформації [1, с. 32...37].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Базові терміни, які описують “виявлення, розпізнавання, ідентифікацію” типових цілей в системах видової розвідки та визначення рівня дешифрування видової інформації, наведені в сучасних військових стандартах України [2, с. 26...30] та НАТО [3, с. 1...8; 4, с. 18, 19; 5, с. 1...12; 6, с. 1, 2; 7, с. 1...6].

За останніх 10 років, проблема об’єктивної оцінки фотографічної системи, передбачала визначення розрізнення оптичної системи і приймача, визначення контрасту і чіткості

сфотографованого об’єкту [8, с. 1...170]. Для визначення розрізнення використовувався метод фотографування тест-об’єкту, з подальшим визначенням спостерігачами ліній, які на зображенні тест-об’єкту розрізняються. Для кожного спостерігача ці лінії можуть бути різними, тому однозначне визначення розрізнення аерознімку проблематичне [9, с. 63].

Найбільш прогресивним методом оцінки фотографічних систем став метод визначення частотно-контрастної характеристики, яка описує структуру зображення у вигляді просторових частот. Функція просторових частот, як математична функція перетворення Фур’є, надає оцінку просторового розподілу зображення, але в ній не враховувались питання ймовірності правильного дешифрування окремої типової цілі [10, с. 65].

Однією з стандартизованих оцінок систем спостереження вважається критерій Джонсона [3, с. 1...8; 4, с. 18, 19; 5, с. 1...12] – кількісний показник емпіричних даних про розрізнення елементів об’єкту, при яких виявлення об’єкту, розпізнавання та ідентифікація можливі з 50 % імовірністю. В [3, с. 3...7; 5, 1...5; 7, с. 1...6] описуються стандарти НАТО STANAG 4347 та STANAG 4349, які призначені для оцінки ефективності тепловізійного (ТПВ) каналу оптико-електронних систем спостереження на основі критерію Джонсона.

Критерій Джонсона використовується в розробці стандартизованих критеріїв порогових значень розрізнення в індустрії озброєння, охоронних засобів спостереження [11, с. 1] та

засобів автоматичної ідентифікації людини [6, с. 1, 2]. Але в публікаціях практичні дослідження стосуються тільки наземних засобів спостереження. Визначення напрямів досліджень, технологій, методів у визначенні факторів, які впливають на розпізнавання типової цілі на рівнях виявлення, розпізнавання, ідентифікації та інструментів, що здатні підвищити демаскуючі ознаки цілі залишається актуальною задачею.

**Мета статті** – обґрунтування напрямів досліджень та методів визначення факторів, які впливають на розпізнавання типової цілі повітряної розвідки та технічних рішень, які здатні виявити її демаскуючі ознаки.

### Виклад основного матеріалу

Для виявлення розпізнавання та ідентифікації типової цілі в короткий термін часу на великій площі найбільш адаптовані фотографічні багатозональні ОЕС бокового огляду (перспективне площинне фотографування). Загальні вимоги до ОЕСПР: проводити фотографування значної ділянки аероландшафту всепогодно, цілодобово, на висотах до 400 м і понад 5000 м зі швидкістю носія близько 1М.

Формування зображення в ОЕС може бути реалізоване за різними методами, наприклад:

метод лінійного сканування [12, с.10...18];

метод утворення квазіпанорамних знімків за рахунок створення мозаїки зображень та їх ректифікації методом пошуку зв'язуючих точок на зображеннях сусідніх знімків [13, с. 45];

метод утворення підсумкового кадру з декількох панхроматичних фрагментів, які формуються рядом окремих оптичних сенсорів під час їх проходження над однією точкою аероландшафту [16, с. 16].

Для виконання фотограмметричних розрахунків та первинної обробки добутих відомостей кінцевим етапом аерофотографування об'єктів з великою площею є створення ортофотоплану [12, с. 43].

Ортофотоплан повинен виконуватись програмним способом та за короткий термін.

На якісне документування цілі, в залежності від рівня експозиції, впливають радіометричні характеристики ОЕСПР. Для забезпечення гарантованого документування цілі в умовах підвищеної яскравості, або навпаки, в умовах хмарності, динамічний діапазон ОЕСПР повинен бути не менше, ніж 14 біт [12, с. 10, 56, 63].

Показником якості аерокосмічного зображення [22, с. 242] є імовірність  $P$  правильного

дешифрування наявного в зображенні простого об'єкту – цілі. Для оцінки цього показника, найбільше застосування на практиці знайшла формула Живичина [22, с.242, 25, с.28] (1):

$$P = \exp \left( - \frac{m}{\frac{L_o}{B_o} 2R\sqrt{\Delta D}} \right) \quad (1)$$

де  $m$  – знаменник масштабу аерознімання,  $L_o$  – лінійний розмір об'єкту,  $B_o$  – коефіцієнт форми об'єкту,  $R$  – розрізняльна здатність видової апаратури для одиночного контрасту,  $\Delta D = D_o - D$  – тоновий контраст фотографічного зображення цілі.

Якщо виразити  $\Delta D$  в кількості градацій оптичного сигналу, які відтворюються в цифровому зображенні, то в (1), замість тонового контрасту можливо застосувати показник локального контрасту об'єкт – фон  $K$ .

Він визначається співвідношенням між максимальним  $I_{max}$  і мінімальним  $I_{min}$  значеннями сигналів яскравості на окремих ділянках зображення цифрового аерознімка (2):

$$K = \frac{I_{max} - I_{min}}{G - 1}, \quad (2)$$

де  $I_{max}$ ,  $I_{min}$  – рівні яскравості по шкалі від 1 до 256 для 8-бітного квантування;  $G$  – максимально можливе число градацій для 8-бітного квантування [15, с. 2; 16, с. 4...10].

Вдосконаленою формулою, що визначає імовірність  $P$  правильного дешифрування цілі на цифровому аерокосмічному зображенні з 8-бітним квантуванням є модифікована формула Живичина [22, с. 244] (3):

$$P = \exp \left( - \ln p_o \frac{\Delta w_o}{\Delta w} \right) \quad (3)$$

де  $p_o$  – необхідний рівень достовірності для правильного дешифрування цілі для заданого контрасту об'єкта і фону,  $\Delta w_o$  – заданий контраст об'єкта і фону якій еквівалентний частині динамічного діапазону (1...8 bit),  $\Delta w$  – контраст отриманого цифрового зображення який відповідає кількості бінарних розрядів потрібних для кодування різниці рівнів об'єкта і фону,  $d_o$  – потрібна детальність на місцевості цифрового зображення об'єкту,  $d$  детальність, яку забезпечила видова апаратура, [22, с. 244].

Формула (3) визначає імовірність правильного дешифрування цілі не тільки по рівню контрасту об'єкт-фон та його детальності на місцевості, а і враховує відношення отриманої детальності задокументованого об'єкту до необхідної

детальності [22, с. 245], при якій гарантовано забезпечується заданий рівень імовірності правильного дешифрування об'єкту. При цьому, в формулі (3) не враховується коефіцієнт форми об'єкту  $B_o$ , який вносить корективи в сприйняття об'єкту при його розпізнаванні. Наприклад, прості об'єкти типу трубопроводи нафтоналивних пірсів, елементи охорони складських споруд, стапеля на верфях, кабельні мережі на польових позиціях, контраст яких нижче середнього, мають найкращий коефіцієнт  $B_o$ . Тому ці об'єкти потребують більшої уваги при маскуванні.

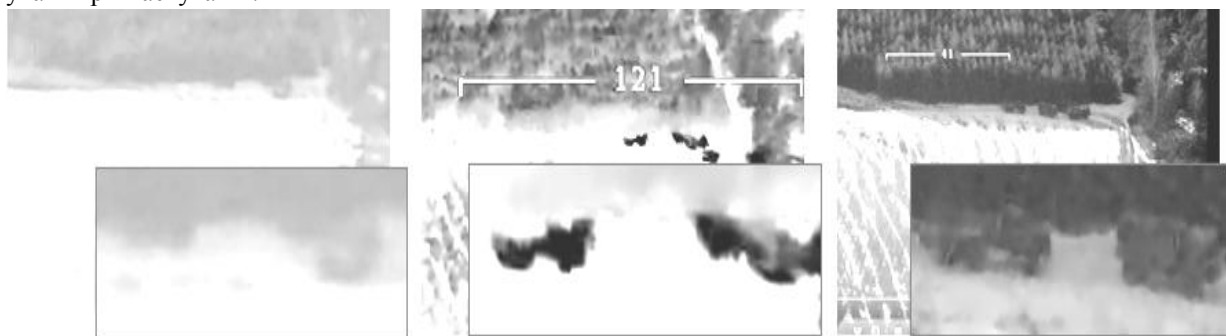


Рис. 1. Аерознімання типової цілі в різних діапазонах роботи оптико-електронної системи: а – EO DL оптико-електронний денного світла – видимий діапазон (ціль не виявлена); б – TIR тепловізійний (ціль розпізнана до класу “автомобільна техніка”); в – NIR (цілі ідентифіковані до типу “паливозаправник “Урал”, автомобіль “Камаз”). Джерело розроблено авторами.

В практичному дешифруванні, для розкриття об'єктів по рівням виявлення, розпізнавання до виду, класу і типу, одним з впливовіших факторів є забезпечення необхідної детальності  $d$  зображення цілі на місцевості [25, с. 28] по всьому полю сфотографованої смуги аероланшафту. Просторова лінійна розрізненість зображення на місцевості – детальність, яку забезпечує ОЕСПР при аерозніманні об'єктів розвідки. Наприклад, детальність [1, с. 51, 52], яка необхідна для дешифрування типового об'єкту – бойова і транспортна техніка при імовірності правильного дешифрування  $P=0,75...0,9$  надані в табл. 1.

Таблиця 1

Вимоги до детальності для розкриття цілі з імовірністю правильного дешифрування  
 $P = 0,75...0,8$

| Необхідне лінійне розрізнення на місцевості (детальність), м |                                  |          |         |
|--------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------|---------|
| Виявлення                                                    | Розпізнавання (при дешифруванні) |          |         |
|                                                              | До виду                          | До класу | До типу |
| 1,5                                                          | 0,5                              | 0,3      | 0,05    |

Джерело: [1, с. 52]

Очевидно, що контраст об'єкт-фон є одним з характерних параметрів цілі і підвищення його коефіцієнту при документуванні об'єктів розвідки є умовою удосконалення (модернізації) ОЕСПР.

Наприклад, візуальне підвищення локального контрасту цілі можливо за допомогою роботи ОЕСПР в діапазоні ближньої інфрачервоної (NIR) та дальньої теплової інфрачервоної (TIR) зони спектру електромагнітного випромінювання [17, с. 20...41] (рис. 1).

Лінійна розрізненість зображення на місцевості – детальність [26, с. 299] розраховується за наступною формулою

$$d = \frac{H}{2R_z f_c \times \cos b}, \quad (4)$$

де  $H$  – висота аерознімання;  $f_c$  – фокусна відстань видової системи;  $R_z$  – розрізнявальна здатність аерознімка;  $b$  – кут візування видової системи.

Збільшення кута візування зменшує детальність аерознімка, але в практичному дешифруванні, особливо в дешифруванні замаскованих цілей, розпізнавання цілі на краю перспективного знімка може бути краще ніж в надирі, при цьому лінійна розрізненість на краю аерознімка суттєво нижче, ніж в центрі.

Зображення цілі на краю перспективного аерознімка надає можливість розпізнавати цілі як тримірний об'єкт. Для об'єктивних висновків доцільно дослідити розпізнавання кожної типової цілі, яка сфотографована в кутах візування від  $0^\circ$  (в надирі) до  $60^\circ$  (дальня перспектива), (рис. 2).

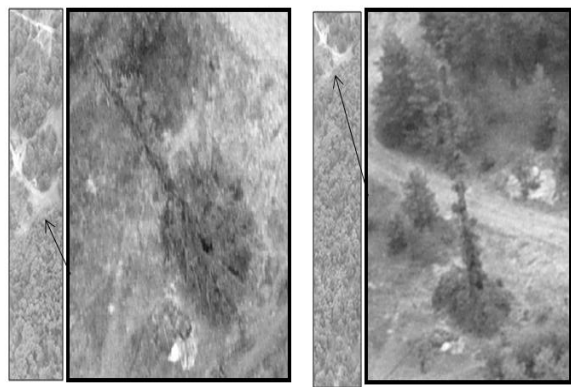


Рис. 2. Фотографування типової замаскованої цілі за різними кутами візування: *a* – в надирі,  $L \approx 10$  см (ціль не розпізнається); *b* – кут візування близько  $40^\circ$ ,  $L \approx 20$  см (ціль ідентифікується як замаскована фермена конструкція для антен зв'язку).

Джерело розроблено авторами.

В світовій індустрії для стандартизованої оцінки систем спостереження активно використовується критерій Джонсона [5, с. 1; 18, с. 122; 19, с. 11; 20, с. 9...14] – кількісний показник емпіричних даних про розрізнення елементів об'єкту, при яких виявлення об'єкту, розпізнавання та ідентифікація можливі з 50 % імовірністю. Ці значення описуються кількістю пар ліній (пікселів) – число Джонсона  $N_{50}$ , які вміщуються в критичний розмір цілі (табл. 2).

Формула Джонсона:

$$N_{50} = u \frac{f_c a_{кр}}{l}, \quad (5)$$

де  $N_{50}$  – число пікселів, які укладаються в критичному розмірі типової цілі, з 50 % імовірністю правильного розпізнавання;  $u$  – максимальна просторова частота в площині зображення;  $l$  – дальність до цілі;  $f_c$  – фокусна відстань оптичної системи;  $a_{кр}$  – критичний розмір об'єкта.

Таблиця 2

Критерій Джонсона

| Рівень розпізнавання | $N_{50}$ – кількість пар ліній в критичному розмірі типової цілі для 50% імовірності | $N_{50}$ – кількість пікселів в критичному розмірі типової цілі для 50% імовірності |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Виявлення            | $1,4 \pm 0,35$                                                                       | $2 \pm 1$                                                                           |
| Розпізнавання        | $4,0 \pm 0,8$                                                                        | $4 \pm 1$                                                                           |
| Ідентифікація        | $6,4 \pm 1,5$                                                                        | $6 \pm 2$                                                                           |

Джерело: [5, с.2, 19, с.9, 25, с.27]

Удосконалення технологій спостереження надало нові вимоги до критерію розрізнення та його показників порогових значень [5, с.5]. Визначення іншого розрізнення для ряду показників імовірності правильного

розпізнавання та ідентифікації виконується методом перерахунку показника критерію Джонсона на коефіцієнт перерахунку (табл. 3).

Таблиця 3

Розрахунок числа Джонсона для імовірності правильного розпізнавання та ідентифікації типової цілі  $P = 50\% \dots 100\%$

| Показник імовірності | 100 % | 90 % | 80 % | 50 % |
|----------------------|-------|------|------|------|
| Коефіцієнт           | 3,0   | 2,0  | 1,5  | 1    |

Джерело: [5, с.5, 22, с.166, 24, с. 6]

Максимальна просторова частота оптичної системи  $u$  в площині зображення має лінійну обернену залежність від фізичного розміру чутливого елементу фотоприймального пристрою [22 с.166, ]:

$$u = \frac{1}{2a}, \quad (6)$$

де  $a$  – фізичний розмір чутливого елементу фотоприймального пристрою.

Для дешифрування цілі при виявленні, розпізнаванні до виду і класу критичним розміром типової цілі  $a_{кр}$  слід вважати найменший розмір її форми [7, с.2, 20, с.12]. Для бронетанкової і транспортної техніки можна вважати  $a_{кр}=2$  м, для плавзасобів тактичного рівня  $a_{кр}=3$  м, для людини  $a_{кр}=0,6$  м. Для дешифрування за рівнем ідентифікації техніки до типу критичним розміром цілі слід вважати  $a_{кр} \leq 0,6$  м – розмір його характерної розпізнавальної ознаки: зброя, озброєння, елементи екіпіровки, засоби прицілювання, навісні елементи, тощо.

Використання критерію Джонсона дозволяє визначити дальність дії ОЕСПР до цілі, при якій забезпечується аерознімання типової цілі на рівні виявлення, розпізнавання, ідентифікація з певною необхідною імовірністю правильного розпізнавання  $P$  з урахуванням формули (6):

$$l = \frac{f_c a_{кр}}{2a N_p}, \quad (7)$$

де:  $N_p$  – число пікселів, які укладаються в критичному розмірі типової цілі, відповідно до необхідної ймовірності правильного розпізнавання  $P$ .

Об'єктивність використання критерію Джонсона в прогнозуванні умов застосування ОЕСПР для повітряної розвідки типових цілей на необхідному рівні розпізнавання (виявлення,

розпізнавання ідентифікація) доцільно розглянути на прикладі практичного аерознімання, (рис. 3).



Рис. 3. Результати аерознімання типових цілей повітряного спостереження літаком Ан-30Б з комплексом 3-DAS-1.  
Джерело: [21, Додаток].

Наприклад, дальність дії авіаційного комплексу спостереження 3-DAS-1 з фокусною відстанню  $f=110$  мм, фізичним розміром пікселя  $a=9$  мкм, для ідентифікації типової цілі – автомобільна техніка до типу з імовірністю правильного дешифрування  $P=50\%$ , з відповідним  $N_{50}=6$  пікселів, які вміщуються в критичний розмір об'єкту  $a_{кр}=0,6$  м, буде дорівнювати:

$$l = \frac{f \cdot a_{кр}}{2a N_{50}} = \frac{1}{2 \cdot 0.009} \cdot \frac{110 \cdot 0.6}{6} = 6000 \text{ м} \quad (8)$$

Детальність цифрового аерознімку в надирі, на висоті аерознімання 6000 м, відповідно до ТТХ камери 3-DAS-1 [12, с.10] дорівнює близько 5 см.

Детальність на місцевості 0,05 м достатня для дешифрування об'єкту транспортна техніка до типу (табл. 2), що відповідає встановленим вимогам [1, с.52].

## Висновки

Локальний контраст об'єкт – фон, лінійне розрізнення на місцевості, роздільна здатність цифрового аерознімка є основними характерними факторами, які впливають на розпізнавання типової цілі.

Технічним рішенням для підвищення розпізнавання та виявлення додаткових демаскуючих ознак цілі залишається комплексна видова повітряна розвідка в діапазонах ближньої NIR та дальньої IR інфрачервоної зони спектру електромагнітного випромінювання.

Для оцінки розпізнавання і демаскуючих ознак типової цілі, яка задокументована засобом видової повітряної розвідки доцільно використовувати критерій Джонсона.

**Напрями подальших досліджень.** Таким чином, з вище наведеного витікають актуальні наукові завдання, що стануть предметом подальших досліджень авторів в розпізнавання типових цілей ОЕСПР за критерієм Джонсона, а саме:

оцінювання рівня розпізнавання типової цілі з урахуванням розташування цілі на краю перспективи;

оцінювання рівня розпізнавання цілі, яка задокументована в ближній ІЧ зоні спектру;

оцінювання рівня розпізнавання малокоонтрастної цілі;

оцінювання рівня розпізнавання цілі, яка має маскувальний окрас;

оцінювання рівня розпізнавання цілі, де критичним розміром типової цілі вважати критичний розмір характерної ознаки: зброя, озброєння, засоби прицілювання, навісні елементи, тощо.

## Список літератури

1. Худов В. Методи тематичного сегментування зображень з бортових систем оптико-електронного спостереження на основі мурашиних алгоритмів: Дисертація: 05.13.06. Харків, 1999. – 331 с. URL: [https://nure.ua/wp-content/uploads/2018/Dissertation/khudov\\_dissert.pdf](https://nure.ua/wp-content/uploads/2018/Dissertation/khudov_dissert.pdf) (дата звернення: 04.10.2022).
2. ВСТ 01.101.002 – 2019 (02). Міністерство оборони України. 2019-01-11. Управління стандартизації, кодифікації та каталогізації. Київ, 2019. – 40 с.
3. Blasch E., Yang C., Kadar I. Summary of Tracking and Identification Methods. Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering. 2014. No. 9091. – P. 1–12. URL: <https://doi.org/10.1117/12.2050260> (date of access: 04.10.2022).
4. Hollands J. Effects of Resolution, Range, and Image Contrast on Target Acquisition Performance. *The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*. 2018. – P. 1–20. URL: <https://doi.org/DOI:10.1177/0018720818760331> (date of access: 04.10.2022).
5. Chevalier P. On the specification of the DRI requirements for a standard NATO target. OPTICS. 2016. – P. 1–14. URL: <https://doi.org/DOI:10.13140/RG.2.1.4833.9604> (date of access: 04.10.2022).

6. Инфотех: Видео наблюдение, безопасность. Стандарты идентификации, распознавания и детектирования людей. © ООО "НПО Инфотех". URL: <https://www.infotech.com.ua/article/standarty-identifikacii-raspoznavanii-i-detektirovanii-ludei> (дата звернення: 22.10.2022).
7. NATO Unclassified STANAG. Effective from 1995-07-18. Official edition. 1995. – 11 с.
8. Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук Національної академії наук України": Словник термінів: Циф. ресурс НАН України. Київ. – С. 1–170. URL: <https://www.casre.kiev.ua/uk/terminology-of-the-rs/vocabulary> (дата звернення: 08.09.2022).
9. Договір з відкритого неба. Організація з питань безпеки і співробітництва в Європі. Гельсінкі. Доповнення 1 до Додатку D. С. 63. URL: <https://www.osce.org/files/f/documents/d/e/14131.pdf> (дата звернення: 10.09.21).
10. Аспекты исследования качества изображения для объективов современных цифровых камер / А. Баландин та ін. Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2005. Т. 5, № 6. – С. 65–72.
11. The Use of Johnson's Criteria for Thermal Camera and Systems Performance. Opgal bey and thevisibie. URL: <https://www.opgal.com/blog/thermal-cameras/johnsons-criteria-for-thermal-camera-and-systems-performance> (date of access: 04.10.2022).
12. Аэросъемочные комплексы на базе цифровых самолетных сканеров семейства «DAS/OC». Руководство пользователя. РП. ред. 0.7: ДНВП Геосистема. Винница. 2016. – 136 с.
13. Аэросъемка с АФК VisionMap АЗ. Геопрофи. 2009. № 1. С. 44–47. URL: [https://www.researchgate.net/profile/Yuri-Raizman/publication/311512431\\_Aerosemka\\_s\\_AFK\\_VisionMap\\_A3/links/5849c5dc08ae686033a76b1d/Aerosemka-s-AFK-VisionMap-A3.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Yuri-Raizman/publication/311512431_Aerosemka_s_AFK_VisionMap_A3/links/5849c5dc08ae686033a76b1d/Aerosemka-s-AFK-VisionMap-A3.pdf) (дата звернення: 04.10.2022).
14. Ultracam Eagle, details and insight / M. Gruber et al. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences : Volume XXXIX-B1, 2012 XXII ISPRS Congress, Melbourne, 25 August 2012. 2012. – P. 15–19. URL: <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XXXIX-B1-15-2012> (date of access: 04.10.2022).
15. Гонта А. Характеристики изображения: контраст, динамический диапазон, резкости. Алгоритм безопасности. 2006. № 5. С. 56–60.
16. Голуб Ю., Старовойтов Ф. Исследование локальных оценок контраста цифровых изображений при отсутствии эталона. System analysis and applied information science. 2019. № 22(2). – С. 4–11. URL: <https://doi.org/DOI:10.21122/2309-4923-2019-2-4-11> (дата звернення: 05.10.2022).
17. Vollmerhausen R., Jacobs E. The Targeting Task Performance (TTP) Metric A New Model for Predicting Target Acquisition Performance. Fort Belvoir: Modeling and Simulation Division Night Vision and Electronic Sensors Directorate U.S. Army CERDEC Fort Belvoir, VA 22060, 2004. – 126 p. URL: <https://www.readcube.com/articles/10.21236/ada422493> (date of access: 05.10.2022).
18. Аналіз впливу неоднорідності аерозольної завіси на виявлення та розпізнавання об'єкту / А. Писарев та ін. Зб. наук. праць Харківського національного університету Повітряних Сил. 2020. № 66. – С. 118–128. URL: <https://doi.org/10.30748/zhups.2020.66.17> (дата звернення: 05.10.2022).
19. Peric D., Livada B., Peric M. Thermal Imager Range: Predictions, Expectations, and Reality. Optoelectronic Multi-sensor Sveillance systems development. 2019. – P. 1–23. URL: <https://doi.org/10.3390/s19153313> (date of access: 05.10.2022).
20. Donohue J. Introductory review of target discrimination criteria. Massachusetts: Phillips laboratory air force systems command hanscom Air Force base, 1991. 30 p. URL: <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA254954.pdf> (date of access: 05.10.2022).
21. Яровенко О. Звіт по результатам комплексної перевірки (обльоту) авіаційного комплексу повітряного аерофотографування З-DAS-1 на літаку Ан-30Б. Бориспіль: в/ч А2215, 2016. – 39 с.
22. Галов С.Ю., Заика П.В., Железняков В.О. Скрытность объектов от средств мониторинга. Известия Тул.ГУ. Технические науки. 2019. Вып. 9 - С.165-166. URL: [https://tidings.tsu.tula.ru/tidings/pdf/web/file/tsu\\_izv\\_technical\\_sciences\\_2020\\_12\\_c.pdf](https://tidings.tsu.tula.ru/tidings/pdf/web/file/tsu_izv_technical_sciences_2020_12_c.pdf) (дата звернення: 20.01.2022).
23. Станкевич С.А. Уточнения відомої емпіричної формули оцінки імовірності правильного дешифрування об'єктів на аерокосмічному зображенні. Збірник наукових праць НЦ ВПС ЗС України, 2004. Вип. № 7, – С. 242–246.
24. Воробьев А.Л., Журик Ю.П., Краснов А.М., Шашков С.Н. Методика вероятностного анализа процесса наблюдения в цифровых телевизионных системах видимого диапазона: электронный журнал «Труды МАИ». Выпуск № 49. 4 с. URL: <http://trudymai.ru/upload/iblock/a8d/metodika-veroyatnostnogo-analiza-protsess-a-nablyudeniya-v-tsifrovyykh-televizionnykh-sistemakh-vidimogo-diapazona.pdf?lang=ru&issue=49> (дата звернення: 08.01.2022).
25. Моисеев В.Л., Попов М.А. Фотограмметрическая обработка и дешифрирование аэроснимков. К.: КВВАИУ, 1991. – 336 с.
26. Ребрин Ю.К. Оптико-электронное разведывательное оборудование летательных аппаратов. Киев: КВВАИУ, 1988. – 299 с.

*Надійшла до редколегії 06.10.2022*

*Схвалена до друку 12.12.2022*

**Відомості про авторів:**

**Сорокін Дмитро Михайлович**

кандидат технічних наук  
старший науковий співробітник  
начальник науково-дослідного відділу  
Державного науково-дослідного інституту авіації,  
Київ, Україна  
<https://orcid.org/0000-0001-9514-0767>

**Яровенко Олександр Григорович**

старший науковий співробітник  
Державного науково-дослідного інституту авіації,  
Київ, Україна  
<https://orcid.org/0000-0003-1695-7037>

**Information about the authors:**

**Dmitriy Sorokin**

Candidate of Technical Sciences  
Senior Researcher  
Head of Research Department  
of State Research Institute of Aviation,  
Kyiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0001-9514-0767>

**Oleksandr Yarovenko**

Senior Researcher  
of State Research Institute of Aviation,  
Kyiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0003-1695-7037>

**FACTORS AND CRITERIA FOR RECOGNITION OF A TYPICAL TARGET IN OPTICAL  
ELECTRONIC AERIAL RECONNAISSANCE SYSTEMS (OBSERVATION)**

*D. Sorokin, O. Yarovenko*

*An analysis of typical target recognition systems in electro-optical aerial reconnaissance (surveillance) systems was carried out.*

*According to the results of the analysis in the scientific article, the peculiarities of the recognition of typical aerial reconnaissance targets are determined; the main factors of guaranteed detection, recognition and identification of individual typical aerial reconnaissance targets are elucidated. Typical technical solutions for forming a multi-plane digital image of the aerial landscape in optical-electronic aerial reconnaissance systems are provided. The methods of increasing the local “object-background” contrast for highlighting unmasking features of typical aerial reconnaissance targets in the visible, near infrared and thermal infrared spectral bands of electromagnetic radiation are presented. An assessment of the performance of aerial surveillance tools based on the Johnson criterion, which is used in the development of unified discrimination thresholds in the fields of surveillance, weapons, security, and automated human identification, is presented. Unified linear resolution parameters of a digital aerial imaging are used for the analysis, which are necessary for the recognition of typical targets during the practical interpretation of aerial reconnaissance data.*

*The main directions of further research of aerial reconnaissance systems according to Johnson’s criterion are defined, in the detection, recognition and identification of typical aerial reconnaissance targets, which are acquired by an electro-optical imaging system in real conditions of use: at the edge of the oblique imaging swath as well as under the low contrast “target – background”, e.g. due to artificial and natural camouflage. The conclusion is based on the results of practical interpretation of digital aerial images, which were acquired by aerial surveillance aircraft.*

*Keywords: aerial reconnaissance, aerial imaging system, Johnson’s criterion, recognition level, linear resolution, “target-background” local contrast, detection, recognition, identification.*