



DOI [10.28925/2663-4023.2021.12.143150](https://doi.org/10.28925/2663-4023.2021.12.143150)

УДК 004.63:004.93

Платоненко Артем Вадимович

кандидат технічних наук
доцент кафедри інформаційної та кібернетичної безпеки
Київський університет імені Бориса Грінченка, м. Київ, Україна
ORCID ID: 0000-0002-2962-5667
a.platonenko@kubg.edu.ua

Соколов Володимир Юрійович

кандидат технічних наук
доцент кафедри інформаційної та кібернетичної безпеки
Київський університет імені Бориса Грінченка, м. Київ, Україна
ORCID ID: 0000-0002-9349-7946
v.sokolov@kubg.edu.ua

Складанний Павло Миколайович

старший викладач кафедри інформаційної та кібернетичної безпеки
Київський університет імені Бориса Грінченка, м. Київ, Україна
ORCID ID: 0000-0002-7775-6039
p.skladannyi@kubg.edu.ua

Олексієнко Георгій Михайлович

Студент 5-го курсу кафедри інформаційної та кібернетичної безпеки
Київський університет імені Бориса Грінченка, м. Київ, Україна
ORCID ID: 0000-0002-4928-3983
hmoleksiienko.fitu18@kubg.edu.ua

ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ АЕРОРОЗВІДКИ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФІЗИЧНОЇ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТІВ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Анотація. Дана стаття присвячена висвітленню реальних практичних можливостей тепловізійних камер БПЛА, що дають змогу ефективно і з максимальною безпечною висотою визначати потенційно небезпечні об'єкти, що можуть нанести загрозу об'єкту інформаційної діяльності, або безпеці громадян чи об'єктам критичної інфраструктури України. Спираючись на багаторічний досвід польотів та навчання фахівців для приватних та державних установ, прийнято рішення провести порівняння якісних характеристик та можливостей виявлення, розпізнавання та ідентифікації об'єктів з використанням сучасної безпілотної техніки. Для напряму забезпечення громадської безпеки та контролю територій існують моделі з багатократним оптичним збільшенням, які з відстані у 500 м дають змогу розпізнати номерний знак автомобіля, або версії з тепловізором, які серед ночі, можуть допомогти побачити автомобіль, різницю температур на фоні інших авто, та факт того, що людина виходить з нього. Тестові польоти виконувались на висотах від 15 до 100 м, на відкритій місцевості, без наявності кущів, дерев чи перешкод. Залежно від моделі камери та погодних умов, отримані показники можуть значно відрізнятись. Охарактеризовано основні переваги та відмінності в якості роботи тепловізійних камер для БПЛА. Продемонстровано якість отриманого зображення на реальних прикладах та при однакових умовах. Розроблено ряд вимог до зйомки тепловізором з квадрокоптера таких об'єктів, як автомобіль та людина, з різних висот, відповідно до критеріїв Джонсона та сформовано план робіт для подальших досліджень, з метою підготовки та надання ефективних рекомендацій для пілотів, що використовують дану техніку при охороні території об'єктів інформаційної діяльності та під час виконання служби в підрозділах аеророзвідки силових структур України.

Ключові слова: аеророзвідка; квадрокоптер; безпілотної; БПЛА; дрон; тепловізор; критерій Джонсона; контроль території.



ВСТУП

Постановка проблеми. Враховуючи активний розвиток за останні декілька років безпілотних технологій та доступність якісних тепловізійних камер, що використовуються при охороні об'єктів інформаційної діяльності приватними компаніями, а також при несенні служби в підрозділах аеророзвідки силових структур України, було прийнято рішення провести порівняння якісних характеристик та можливостей виявлення, розпізнавання та ідентифікації об'єктів з використанням декількох розповсюджених моделей сучасної безпілотної техніки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проведений у рамках дослідження аналіз наукової літератури, нажаль, показав відсутність змістовних робіт українською мовою. Більшість сучасних робіт присвячено наземному відеоспостереженню та є англomовними, оскільки спираються на досвід John Johnson, ще 1958 року, який описав принципи розпізнавання зображення з метою визначення військових цілей.

Описаних критеріїв для безпілотної техніки не було знайдено в рамках підготовки даної роботи, що може свідчити про її новизну та актуальність.

Мета статті. Метою статті є висвітлення реальних практичних можливостей тепловізійних камер БПЛА, що дають змогу ефективно і з максимально безпечної висоти визначати потенційно небезпечні об'єкти, що можуть нанести загрозу об'єкту інформаційної діяльності, або безпеці громадян чи об'єктам критичної інфраструктури України.

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Оскільки основу подібних досліджень проводили із земної поверхні, то питання відстані по прямій до об'єкту ми замінюємо на висоту зйомки.

Критерій, що дозволяє з певним ступенем ймовірності приймати рішення про виконання виявлення, орієнтування, розпізнавання та ідентифікації називають критерієм Джонсона. Це залежність між числом пар ліній, що розміщуються на критичному розмірі необхідного об'єкта, і ймовірністю проведення спостереження.

Мінімально необхідна роздільна здатність відповідно до критеріїв Джонсона виражається через пари ліній. Критичним називається розмір, уздовж якого ведеться аналіз зображення об'єкту, для виявлення його характерних ознак.

Відповідно до критеріїв Джонсона, виділяють такі поняття:

- Виявлення (наявність об'єкту на фоні);
- Орієнтування (перекриття об'єкту відповідно мірі приладу);
- Розпізнавання (визначення класу об'єкту, наприклад людина чи автомобіль);
- Ідентифікація (визначення типу об'єкту серед його класу, чоловік або жінка, вантажний чи легковий автомобіль та ін.).

Детальний чисельний опис даних критеріїв відображено в Таблиці 1.

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

Для проведення досліджень було обрано моделі квадрокоптерів, які мають змогу виконувати знімки з візуальних та термальних камер. Першим з коптерів був DJI Mavic 2 Enterprise DUAL. Другим було обрано DJI Matrice 300 RTK, що є універсальною польотною платформою, зі змогою змінювати корисне навантаження, залежно від поставлених задач.

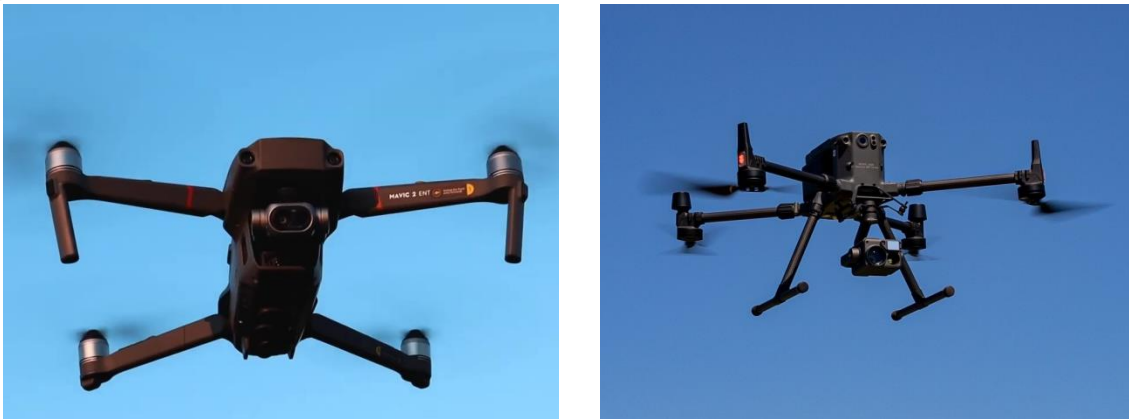


Рис. 1. Квадрокоптери DJI Mavic 2 Enterprise Dual та DJI Matrice 300 RTK

DJI Mavic 2 Enterprise Dual використовується із вбудованою камерою, яка має тепловізор із родільною здатністю 160x120 пікселів та візуальний модуль на 12 МП.

Для DJI Matrice 300 RTK обраною для тесту була камера DJI Zenmuse H20T, яка поєднує в собі ширококутну оптичну камеру, камеру з оптичним 23x збільшенням, тепловізором із роздільною здатністю 640x512 пікселів та лазерним далекоміром.

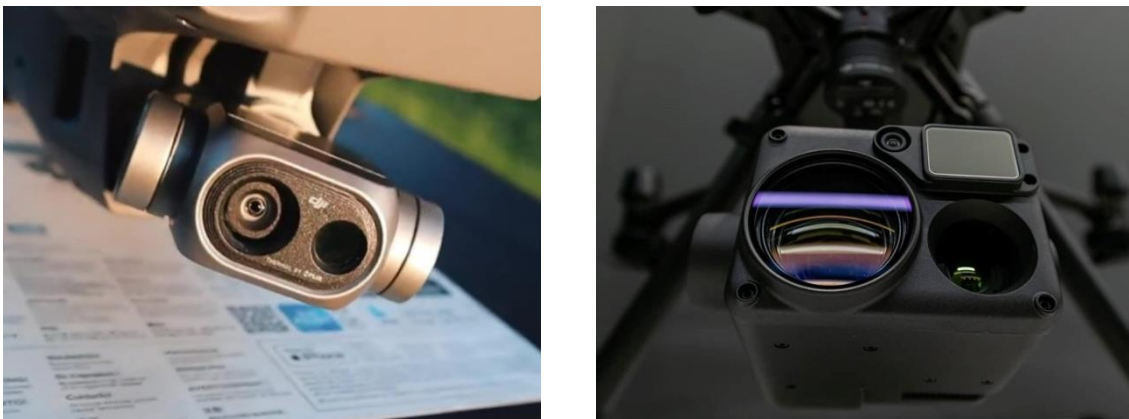


Рис. 2. Камери DJI Mavic 2 Enterprise Dual та DJI Zenmuse H20T

В обраних моделях камер знімки на оптичні та візуальні камери робляться та зберігаються одночасно. За необхідності можна поєднати зображення методом накладання (DJI Mavic 2 Enterprise Dual), або поєднання 2 в 1 (DJI Matrice 300 RTK з камерою DJI Zenmuse H20T).

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Тестові польоти проводились на відкритій місцевості, без наявності кущів, дерев чи перешкод. На фото, що відображені нижче, приклад об'єктів, що розглядалися в рамках тесту, а саме: автомобіль з працюючим двигуном та чоловік, що виконував управління квадрокоптером. Вечірній час зйомки, температура біля 0°C.

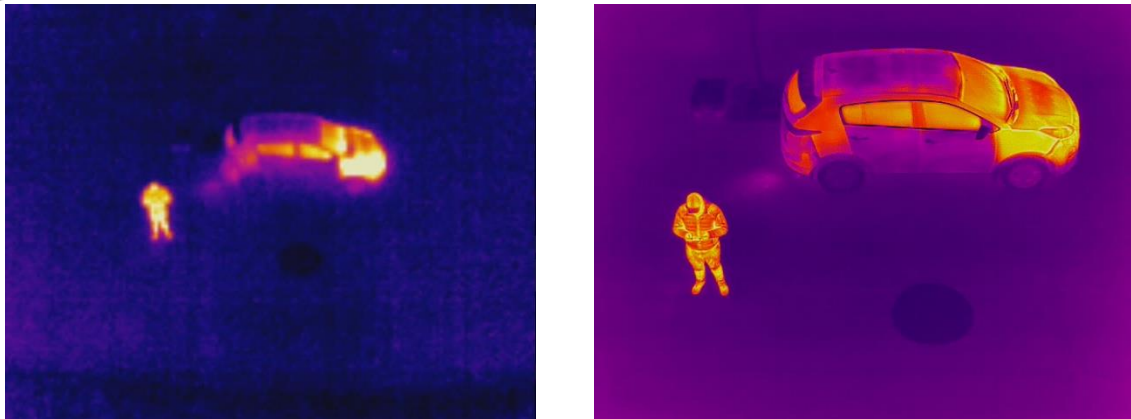


Рис. 3. Порівняння знімків інфрачервоних камер DJI Mavic 2 Enterprise Dual та DJI Zenmuse H20T, під кутом 45° з висоту 15 метрів

Під час першого польоту висота та дистанція від точки взльоту (коло темного кольору) становить по 15 метрів, кут нахилу камери до земної поверхні становить 45° . Камера автоматично калібрується перед польотом та утримує автоматично заданий кут, завдяки трьохосовому механічному підвісу.

Завдяки даному прикладу чітко видно різницю в деталізації зображень з невеликої відстані. Але, так як, з висоти під прямим кутом складніше розпізнати об'єкт, оскільки він займає меншу площу на знімку, то другий політ виконувався з кутом -90° до земної поверхні. Висоти польоту від 15 до 100 м.

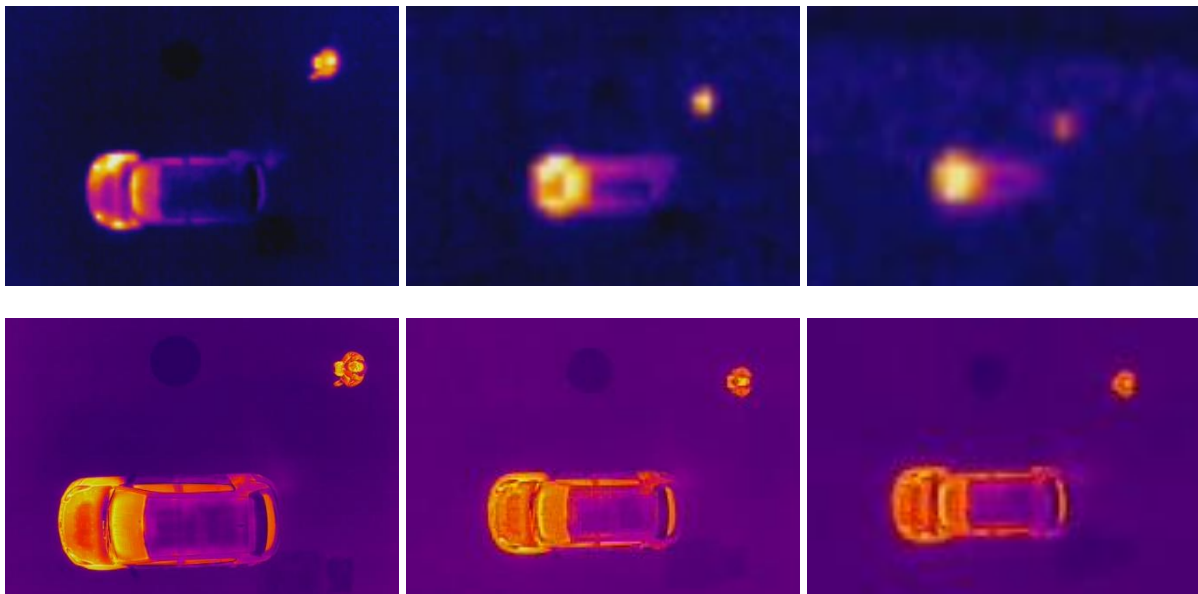


Рис. 4. Порівняння знімків інфрачервоних камер DJI Mavic 2 Enterprise Dual та DJI Zenmuse H20T з висоту у 15 м, 50 м, та 100 м

В Таблиці 1 представлена необхідна кількість пар ліній до критичного розміру об'єкта на зображенні, а також множник, залежно від ймовірності, яка може бути.

Таблиця 1

Критерії Джонсона (необхідна кількість пар на критичний розмір)

Ймовірність події	0,5	0,8	0,95	1
Виявлення	1	1,5	2	3
Орієнтування	2,5	3,75	5	7,5
Розпізнавання	4	6	8	12
Ідентифікація	8	12	16	24

В Таблиці 2 наведено обчислені результати в парах ліній для об'єкту, з критичним розміром для автомобіля та людини. Кожне значення пари ліній розраховане як відношення ширини об'єкта на кожному знімку, до відношення ширини та висоти зображення і поділена навпіл.

Таблиця 2

Результати обчислень (пар ліній для об'єкту з критичним розміром)

Висота для авто (м)	M2ED	H20T
15	18,75	129,375
30	10,5	66
50	6	39
70	4,5	27,75
100	3,375	19,875

Висота для людини (м)	M2ED	H20T
15	3	19,5
30	1,875	9
50	1,125	6,375
70	0,75	4,125
100	0,75	3

Відповідно до розрахунків, ймовірність певного критерію може виглядати так, наприклад: ідентифікація людини та автомобіля для першої камери можлива при 15 м висоти, а при 100 м виявлення людини має ймовірність вже нижче ніж 0,5. В той самий час для другої камери є змога чітко ідентифікувати автомобіль та виявити людину при висоті 100 м.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

В результаті даних досліджень нам вдалось сформуванати ряд вимог до зйомки тепловізором з квадрокоптера таких об'єктів, як автомобіль та людина, з різних висот та оцінити деталізацію та якість знімків за критеріями Джонсона.

У подальших роботах планується аналогічне порівняння в різних погодних умовах та з більшою кількістю тепловізійних камер, а саме: DJI Zenmuse XT-2, DJI Zenmuse XTS та DJI Mavic 2 Enterprise Advanced. Також буде здійснене порівняння деталізації для візуальних камер з фіксованою та змінною фокусною відстанню, в різний час доби та з різних висот, з метою підготовки та надання ефективних рекомендацій для пілотів, що використовують дану техніку при охороні території об'єктів інформаційної діяльності та під час виконання служби в підрозділах аеророзвідки силових структур України.



ПОДЯКА

Виражаємо подяку ТОВ «КВАДРО.ЮА» за надання техніки для проведення експериментів та допомогу при обробці матеріалів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дж. Джонсон, “Аналіз систем формування зображень”, у Симпозіумі підсилювача зображення, Джонсон, Дж. (1958). “Аналіз систем формування зображень”, у Симпозіумі підсилювача зображення, AD 220160. Департамент військової електротехніки, Лабораторії досліджень і розробок армії США.
2. Критерії Джонсона. https://en.wikipedia.org/wiki/Johnson%27s_criteria
3. Використання критеріїв Джонсона для термічних камер і ефективності систем. <https://www.opgal.com/blog/thermal-cameras/johnsons-criteria-for-thermal-camera-and-systems-performance/>
4. Вступ до функції передачі модуляції. <https://www.edmundoptics.com/knowledge-center/application-notes/optics/introduction-to-modulation-transfer-function/>
5. Платоненко, А. В., Олексієнко, Г. М. Використання сучасних технічних засобів аеророзвідки для захисту інформації на об’єктах інформаційної діяльності. У III Всеукраїнська науково-практична онлайн-конференція «Теоретико-практичні проблеми використання математичних методів і комп’ютерно-орієнтованих технологій в освіті та науці». <https://fitu.kubg.edu.ua/naukova-diialnist-kafedry/67-pro-fakultet/kafedry/kafedra-informatsiynikh-tekhnologii-i-matematychnykh-dystyplin/obhovorennia-materialiv-konferentsii.html>
6. Mavic 2 Enterprise DUAL - Специфікації. <https://www.dji.com/mavic-2-enterprise/specs>
7. Matrice 300 RTK – Специфікації. <https://www.dji.com/matrice-300/specs>
8. Zenmuse H20 – Специфікації. <https://www.dji.com/zenmuse-h20-series/specs>
9. Що означає 1000TVL? <https://www.arcdyn.com/articles/what-does-1000tvl-mean/>
10. Роздільна здатність камери для поліпшення роботи системи обробки зображень. <https://www.edmundoptics.com/knowledge-center/application-notes/imaging/camera-resolution-for-improved-imaging-system-performance>

**Artem V. Platonenko**

PhD in Technical Sciences, associate professor of the Department of Information and Cyber Security
Borys Grinchenko Kyiv University, Kyiv, Ukraine
ORCID ID: 0000-0002-2962-5667
a.platonenko@kubg.edu.ua

Volodymyr Yu. Sokolov

PhD in Technical Sciences, associate professor of the Department of Information and Cyber Security
Borys Grinchenko Kyiv University, Kyiv, Ukraine
ORCID ID: 0000-0002-9349-7946
v.sokolov@kubg.edu.ua

Pavlo M. Skladannyi

Senior Lecturer of the Department of information and Cyber Security
Borys Grinchenko Kyiv University, Kyiv, Ukraine
ORCID ID: 0000-0002-7775-6039
p.skladannyi@kubg.edu.ua

Heorhii M. Oleksiienko

Student of 5 course of the Department of information and Cyber Security
Borys Grinchenko Kyiv University, Kyiv, Ukraine
ORCID ID: 0000-0002-4928-3983
hmoleksiienko.fitu18@kubg.edu.ua

TECHNICAL MEANS OF AIR INTELLIGENCE TO ENSURE THE PHYSICAL SECURITY OF INFORMATION ACTIVITIES

Abstract. This article is devoted to highlighting the real practical capabilities of UAV thermal imaging cameras, which allow you to effectively and safely identify potentially dangerous objects that may threaten the object of information activities, or the safety of citizens or critical infrastructure of Ukraine. Based on many years of flight experience and training of specialists for private and public institutions, it was decided to compare the quality characteristics and capabilities of detection, recognition and identification of objects using modern unmanned vehicles. To ensure public safety and control of the territory, there are models with multiple optical zoom, which from a distance of 500 m allow to recognize the license plate of the car, or versions with thermal imager, which in night can help see the car, the temperature difference against other cars, and the fact that a person comes out of it. Test flights were performed at altitudes from 15 to 100 m, in the open, without the presence of bushes, trees or obstacles. Depending on the camera model and weather conditions, the figures obtained may differ significantly. The main advantages and differences in the quality of thermal imaging cameras for UAVs are described. The quality of the obtained image is demonstrated on real examples and under the same conditions. A number of requirements have been developed for shooting a quadcopter with thermal imagers of objects such as a car and a person from different heights, according to Johnson's criteria, and a work plan has been developed for further research to prepare and provide effective recommendations for pilots using this technique territories of objects of information activity and during performance of service in air reconnaissance units of law enforcement agencies of Ukraine.

Keywords: air reconnaissance; quadcopter; drone; UAV; thermal imager; Johnson's criteria; territory control.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Dzh. Dzhonson, "Analiz system formuvannia zobrazhen", u Sympoziumi pidsylyuvacha zobrazhennia, Dzhonson, Dzh. (1958). "Analiz system formuvannia zobrazhen", u Sympoziumi pidsylyuvacha zobrazhennia, AD 220160. Departament voiennoi elektrotekhniky, Laboratorii doslidzhen i rozrobok armii SShA.



2. Johnsons criteria. https://en.wikipedia.org/wiki/Johnson%27s_criteria
3. The use of Johnson's criteria for thermal camera and systems performance. <https://www.opgal.com/blog/thermal-cameras/johnsons-criteria-for-thermal-camera-and-systems-performance/>
4. Introduction to Modulation Transfer Function. <https://www.edmundoptics.com/knowledge-center/application-notes/optics/introduction-to-modulation-transfer-function/>
5. Platonenko, A. V., Oleksienko, H. M. Vykorystannia suchasnykh tekhnichnykh zasobiv aerorozvidky dlia zakhystu informatsii na ob'ekтах informatsiinoi diialnosti. U III Vseukrainska naukovo-praktychna onlain-konferentsiia «Teoretyko-praktychni problemy vykorystannia matematychnykh metodiv i kompiuterno-oriantovanykh tekhnolohii v osviti ta nautsi». <https://fitu.kubg.edu.ua/naukova-diialnist-kafedry/67-pro-fakultet/kafedry/kafedra-informatsiinykh-tekhnolohii-i-matematychnykh-dystryplin/obhovorennia-materialiv-konferentsii.html>
6. Mavic 2 Enterprise DUAL-Specs. <https://www.dji.com/mavic-2-enterprise/specs>
7. Matrice 300 RTK-Specs. <https://www.dji.com/matrice-300/specs>
8. Zennuse H20 Series-Specs. <https://www.dji.com/zenmuse-h20-series/specs>
9. What does 1000TVL mean? <https://www.arcdyn.com/articles/what-does-1000tvl-mean/>
10. Camera Resolution for Improved Imaging System Performance. <https://www.edmundoptics.com/knowledge-center/application-notes/imaging/camera-resolution-for-improved-imaging-system-performance>

