КІБЕРБЕЗПЕКА: освіта, наука, техніка
CYBERSECURITY: EDUCATION, SCIENCE, TECHNIQUE
№ 1 (13), 2021
ISSN 2663 - 4023
DOI 10.28925/2663-4023.2021.13.170182
УДК 004.056.5:004.93’12

Платоненко Артем Вадимович
к.т.н,
доцент кафедри інформаційної та кібернетичної безпеки імені професора Володимира Бурячка
Київський університет імені Бориса Грінченка, м. Київ, Україна
ORCID ID 0000-0002-2962-5667
a.platonenko@kubg.edu.ua

Соколов Володимир Юрійович
к.т.н, доцент
доцент кафедри інформаційної та кібернетичної безпеки імені професора Володимира Бурячка
Київський університет імені Бориса Грінченка, м. Київ, Україна
ORCID ID: 0000-0002-9349-7946
v.sokolov@kubg.edu.ua

Складанний Павло Миколайович
к.т.н.,
завідувач кафедри інформаційної та кібернетичної безпеки імені професора Володимира Бурячка
Київський університет імені Бориса Грінченка, м. Київ, Україна
ORCID ID: 0000-0002-7775-6039
p.skladannyi@kubg.edu.ua

Аносов Андрій Олександрович
к.в.н., доцент
доцент кафедри інформаційної та кібернетичної безпеки імені професора Володимира Бурячка
Київський університет імені Бориса Грінченка, м. Київ, Україна
ORCID ID: 0000-0002-2973-6033
a.anosov@kubg.edu.ua

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

ПОРІВНЯННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АЕРОРОЗВІДКИ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ КОНТРОЛЬОВАНОЇ ЗОНИ

Анотація. Дана стаття присвячена висвітленню реальних практичних можливостей візуальних та 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. Спираючись на багаторічних 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 10 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 візуальниї та тепловізійних камер для БПЛА. Продемонстровано якість отриманого зображення на реальних прикладах та при однакових умовах. Проаналізовано деталізацію візуальних камер та розроблено ряд вимог до зйомки тепловізором з квадрокоптера таких об’єктів, як

© А.В. Платоненко, В.Ю. Соколов, П.М. Складанний, А.О. Аносов, Г.М. Олексієнко, 2021.

автомобіль та людина, з різних висот, відповідно до критеріїв Джонсона. 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; БПЛА; дрон; тепловізор; критерій Джонсона; контроль території.

ВСТУП

Постановка проблеми. Враховуючи активний розвиток за останні декілька років безпілотних технологій та доступність бюджетних квадрокоптерів з візуальними камерами та 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 англомовними, оскільки спираються на досвід John Johnson, ще 1958 року, який описав принципи розпізнавання зображення з метою визначення військових цілей.

Для аналізу [1] використовувалася застаріла великогабаритна техніка. На момент проведення досліджень існувала і були доступні значно менші за розмірами моделі. У роботі [2] використовувалась неактуальна техніка, та використовувався об'єктив камери зі значними спотвореннями пропорцій предметів. У роботі [3] розглянуто необхідність збільшення висоти автономного польоту БПЛА задля уникнення зіткнення з перешкодами, проте не звертається увага на необхідність зменшення висоти польоту для забезпечення кращої деталізації площі знімання. В [4] частина даних для обґрунтування висновків отримана шляхом опитування, що спотворює сприйняття реальності сектору впливу методики [5]. Не освітлює повною мірою ефективність роботи систем IoT в регіонах без підтримки безпроводових систем 5G.

Оскільки описані критерії розпізнавання для безпілотної техніки не було описано в повній мірі в подібних роботах, що може свідчити про актуальність даної роботи.

Метою статті є висвітлення реальних практичних можливостей візуальних та 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 в межах контрольованої зони, 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 [6]. 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 [7].

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.) [8, 9].

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

Для першої частини проведення досліджень було обрано моделі квадрокоптерів, які мають змогу виконувати знімки з візуальних. Першим з коптерів був DJI Mini 2 [10]. Другим було обрано DJI Mavic 2 Pro [11, 12]. Третім коптером був Matrice 200 [13] з камерою Zenmuse Z30 [14, 15] (див. рис. 1 і 2), що має функцію оптичного збільшення в 30 разів.

Рис. 1. DJI Mini2, Mavic 2 Pro і Martrice 200 з камерою Zenmuse Z30 (загальний вигляд)

ISSN 2663 - 4023

Рис. 2. Камери DJI Mini2, Mavic 2 Pro і камера Zenmuse Z30 (порівняння оптики)

Для другої частини проведення досліджень було обрано моделі квадрокоптерів, які мають змогу виконувати знімки з візуальних та термальних камер. Відповідно це були моделі: DJI Mavic 2 Enterprise DUAL і DJI Matrice 300 RTK (див. рис. 3).

Рис. 3. DJI Mavic 2 Enterprise Dual і DJI Matrice 300 RTK

DJI Mavic 2 Enterprise Dual використовується із вбудованою камерою, яка має тепловізор із родільною здатністю 160×120 пікселів та візуальний модуль на 12 Мп (рис. 4). Для DJI Matrice 300 RTK обраною для тесту була камера DJI Zenmuse H20T, яка поєднує в собі ширококутну оптичну камеру, камеру з оптичним 23× збільшенням, тепловізором із роздільною здатністю 640×512 пікселів та лазерним далекоміром.

ISSN 2663 - 4023

Рис. 4. 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).

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	**0,50**	**0,80**	**0,95**	**1,00**
Виявлення	1,0	1,5	2,0	3,0
Орієнтування	2,50	3,75	5,00	7,50
Розпізнавання	4	6	8	12
Ідентифікація	8	12	16	24

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Під час тесту візуальних камер була використана мішень розміром 20×20 см, що складалась із контрастних геометричних фігур. Знімки робились з висот від 5 до 100 м. Приклад результатів зйомки приведений на рис. 5. Порівняння якості відповідно до різних висот можна порівняти на рис. 6.

ISSN 2663 - 4023

Рис. 5. Приклад фото з DJI Mini2 з висоти 5 м

Рис. 6. Приклади фото з DJI Mavic 2 Pro з висоти від 5 до 100 м

Таблиця 2

Основні характеристики візуальних камер

Модель камери	**Mini 2**	**Mavic 2 Pro**	**Zenmuse Z30**	**Zenmuse H20T**
Пікселів по горизонталі	4000	5472	1920	5184
Ширина сенсору, мм	6,17	12,80	5,38	7,60
Кількість TV-ліній, горизонтальна	3000	4104	1344	3888

Для порівняння були обрані висоти 10, 30, 50 та 100 м (рис. 7a і 7b). Також в камерах з оптичних збільшенням на висоті 100 м виконувався знімок з максимальним приближенням до мішені (рис. 7c і 7d).

ISSN 2663 - 4023

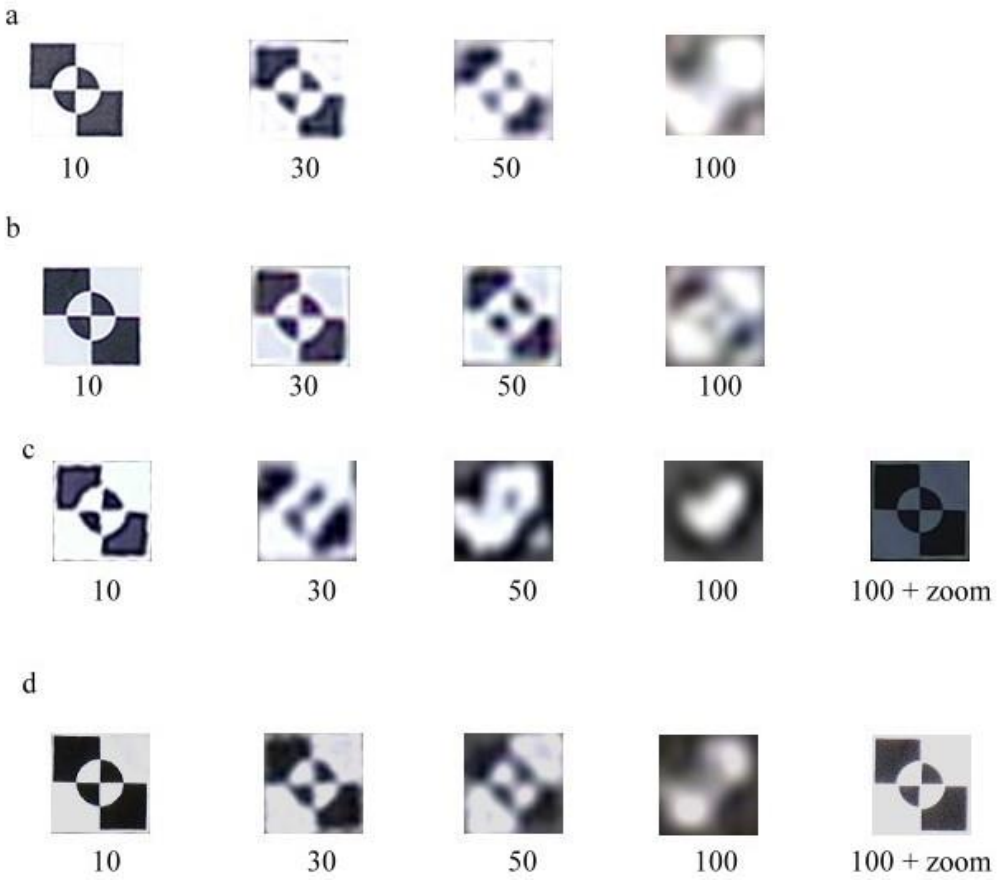

Рис. 7. Зображення отримані від DJI Mini 2 (a); Mavic 2 Pro (b); Zenmuse Z30 (c) і Zenmuse H20T (d) з різних висот і з використанням оптичного збільшення зі 100 м

Таблиця 3

Кількість пар ліній для об'єкту розміром 0,2 метри з різних висот

Висота, м	Zenmuse Z30	Mini 2	Mavic 2 Pro	Zenmuse H20T
10	10,85	21,75	33,00	34,13
30	3,15	7,50	11,25	11,25
50	1,75	5,25	6,75	7,13
100	1,40	3,00	3,75	3,38

При висоті над об'єктом, погонним розміром 0,2 метри, що дорівнює 15 метрам, кількість пар ліній оптичного зображення камери квадрокоптера DJI Mavic 2 Pro дорівнює 22,875. В свою чергу, за такої ж висоти виконання знімання на камеру Zenmuse Z30 без застосування оптичного збільшення складає 7, що аналогічно деталізації знімку, отриманого Mavic 2 Pro з висоти 50 метрів. Це обумовлено меншою роздільною здатністю оптоелектронної матриці камери, – 1920 пікселів у Zenmuse Z30 проти 5472 у Mavic 2 Pro.

ISSN 2663 - 4023

Таблиця 4

Ймовірність розпізнавання об'єкту розміром 0,2 метри з різних висот

Висота, м	Zenmuse Z30	Mini 2	Mavic 2 Pro	Zenmuse H20T
10	>0,95	>0,95	>0,95	>0,95
30	<0,5	>0,5	>0,95	>0,95
50	<0,5	>0,5	>0,5	>0,5
100	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5

Однак, при застосуванні оптичного збільшення, при звуженні кута огляду до 2.3° знімок зроблений з висоти у 100 метрів забезпечує деталізацію на рівні 22,05 пар ліній на об'єкт розміром 0,2 метри, що відхиляється на 3,6% в меншу сторону відносно Mavic 2 Pro. Обидва показники є достатніми для ідентифікації об'єктів з ймовірністю 0,95.

Тестові польоти з тепловізійними камерами проводились на відкритій місцевості, без наявності кущів, дерев чи перешкод. На фото (рис. 8) приведений приклад об'єктів, що розглядались в рамках тесту, а саме: автомобіль з працюючим двигуном та чоловік, що виконував управління квадрокоптером. Вечірній час зйомки, температура біля 0°С. Під час першого вильоту 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 трьохосьовому механічному підвісу.

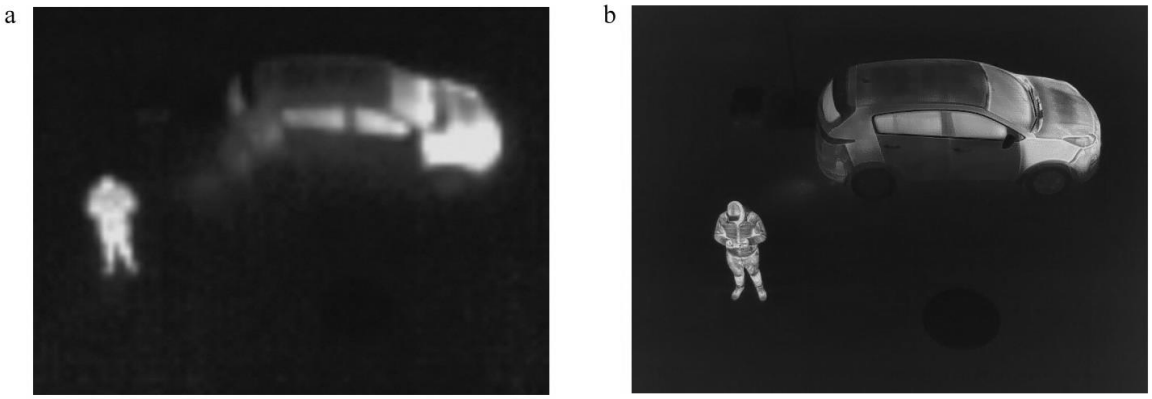

Рис. 8. Порівняння знімків інфрачервоних камер DJI Mavic 2 Enterprise Dual (a) та DJI Zenmuse H20T (b), під кутом 45° з висоти 15 метрів

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 (рис. 9). Висоти польоту від 15 до 100 м.

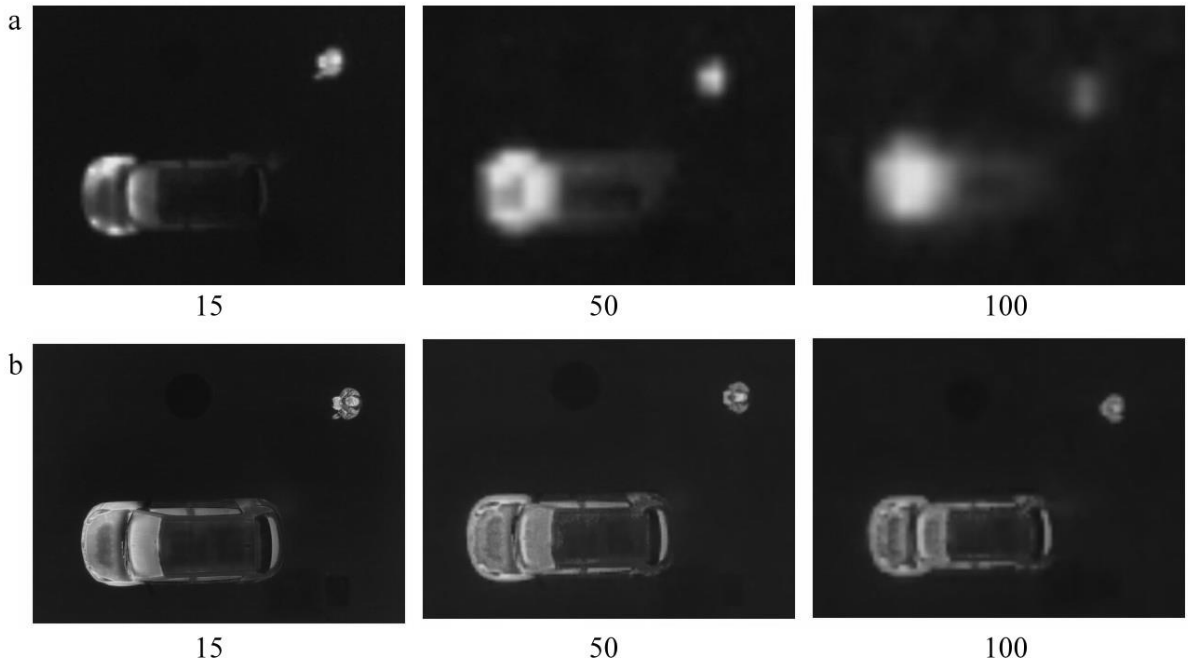

Рис. 9. Порівняння знімків інфрачервоних камер DJI Mavic 2 Enterprise Dual (a) та DJI Zenmuse H20T (b) з висоти у 15, 50 та 100 м

В Таблиці 5 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 5

Результати обчислень (пар ліній для авто з критичним розміром)

Висота для авто, м	M2ED	H20T
15	18,75	129,38
30	10,50	66,00
50	6,00	39,00
70	4,50	27,75
100	3,38	19,88

Таблиця 6

Результати обчислень (пар ліній для людини з критичним розміром)

Висота для людини, м	M2ED	H20T
15	3,00	19,50
30	1,88	9,00
50	1,13	6,38
70	0,75	4,13
100	0,75	3,00

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 оцінити рівень деталізації візуальних камер та ймовірність розпізнавання об’єкту розміром 0,2 метри з різних висот.

Вдалось сформувати 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 візуальних камер, а також тепловізійних камер.

Також буде здійснене розширене порівняння деталізації для візуальних камер з фіксованою та змінною фокусною відстанню, в різний час доби та з різних висот, для різних мішеней, 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» [16] за надання техніки для проведення експериментів та допомогу при обробці матеріалів, відповідно до гранту №06 від 01.09.2021.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1 Farlik, J., Kratky, M., Casar, J., & Stary, V. (2019). Multispectral Detection of Commercial Unmanned Aerial Vehicles. Sensors, 19(7), 1517. doi:10.3390/s19071517.

2 Chyrkov, A., & Prystavka, P. (2018). Suspicious Object Search in Airborne Camera Video Stream. Advances in Computer Science for Engineering and Education, 340–348. doi:10.1007/978-3-319-91008-6_34.

3 Zhao, Y., Miu, H., Ma, J., & Du, H. (2021). Design of the Reconnaissance UAV based on TGAM. Journal of Physics: Conference Series, 1771(1), 012003. doi:10.1088/1742-6596/1771/1/012003.

4 Zwęgliński, T. (2020). The Use of Drones in Disaster Aerial Needs Reconnaissance and Damage Assessment—Three-Dimensional Modeling and Orthophoto Map Study. Sustainability, 12(15), 6080. doi:10.3390/su12156080.

5 Park, J.-H., Choi, S.-C., Ahn, I.-Y., & Kim, J. (2019). Multiple UAVs-based Surveillance and Reconnaissance System Utilizing IoT Platform. 2019 International Conference on Electronics, Information, and Communication (ICEIC). doi:10.23919/elinfocom.2019.8706406.

6 Opgal (2020, August 9). Johnson’s Criteria for “Thermal Camera and Systems” Performance. https://www.opgal.com/blog/thermal-cameras/johnsons-criteria-for-thermal-camera-and-systems-performance/

7 Edmund Optics (2020, January 21). Introduction to Modulation Transfer Function. https://www.edmundoptics.com/knowledge-center/application-notes/optics/introduction-to-modulation-transfer-function/

8 Платоненко А. В., Олексієнко Г. М. (2021, 28 квітня). Використання сучасних технічних засобів аеророзвідки для захисту інформації на об'єктах інформаційної діяльності. III Всеукраїнська науково-практична онлайн-конференція «Теоретико-практичні проблеми використання математичних методів і комп'ютерно-орієнтованих технологій в освіті та науці», 1–3.
9 Platonenko, A., Sokolov, V., Skladannyi, P., & Oleksiienko, H. (2021). Technical Means of Airintelligence to Ensure the Physical Security of Information Activities. Cybersecurity: Education, Science, Technique, 12(4), 143–150. doi:10.28925/2663-4023.2021.12.143150.
10 DJI (2020, November 5). Mini 2 Specs. https://www.dji.com/mini-2/specs
11 DJI (2018, November 9). Mavic 2 Specs. https://www.dji.com/mavic-2/info#specs
12 DJI (2019, June 30). Mavic 2 Enterprise Series. https://www.dji.com/mavic-2-enterprise/specs
13 DJI (2020, May 16). Matrice 300 RTK Specs. https://www.dji.com/matrice-300/specs
14 DJI (2016, October 27). Zenmuse Z30 Specs. https://www.dji.com/zenmuse-z30/info#specs
15 DJI (2020, May 29). Zenmuse H20 Series Spec. https://www.dji.com/zenmuse-h20-series/specs
16 QUADRO (2021, 26 October). КВАДРО.ЮА. https://quadro.ua/

КІБЕРБЕЗПЕКА: освіта, наука, техніка
CYBERSECURITY: EDUCATION, SCIENCE, TECHNIQUE
№ 1 (13), 2021
ISSN 2663 - 4023

Artem V. Platonenko
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor of Volodymyr Buriachok 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
Associate Professor of Volodymyr Buriachok 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
PhD in Technical Sciences,
Head of Volodymyr Buriachok Department of Information and Cyber Security
Borys Grinchenko Kyiv University, Kyiv, Ukraine
ORCID ID: 0000-0002-7775-6039
p.skladannyi@kubg.edu.ua

Andriy A. Anosov
PhD, Associate Professor
Associate Professor of Volodymyr Buriachok Department of Information and Cyber Security
Borys Grinchenko Kyiv University, Kyiv, Ukraine
ORCID ID: 0000-0002-2973-6033
a.anosov@kubg.edu.ua

Heorhii M. Oleksiienko
five course student of Volodymyr Buriachok Department of Information and Cyber Security
Borys Grinchenko Kyiv University, Kyiv, Ukraine
ORCID ID 0000-0002-4928-3983
hmoleksiienko.fitu18@kubg.edu.ua

COMPARISON OF MODERN TECHNICAL MEANS OF AIR INTELLIGENCE TO ENSURE THE SECURITY OF THE CONTROLLED ZONE

Abstract. This article highlights the current practical capabilities of visual and thermal imaging UAV cameras, which allows 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 specialists for private and public institutions, it was decided to compare the quality characteristics and capabilities of detecting, recognizing, and identifying objects using modern uncrewed vehicles. To ensure public safety and control of the territory, there are models with multiple optical zooms, which from a distance of 500 m allow recognizing the license plate of the car, or versions with a thermal imager, which in the middle of the 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 10 to 100 m, in the open, without 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 visual and thermal imaging cameras for UAVs are described. The quality of the obtained image is demonstrated on real examples and under the same conditions. Detailed visual cameras have been analyzed. According to Johnson's criteria, several requirements have been developed for quadcopter imaging of objects such as a car and a person from different heights. A work plan has been formed for further research to prepare and provide practical recommendations for pilots who use this technique in protecting the territory of information activities and during service in the air reconnaissance units of the security forces of Ukraine.

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

REFERENCES

1 Farlik, J., Kratky, M., Casar, J., & Stary, V. (2019). Multispectral Detection of Commercial Unmanned Aerial Vehicles. Sensors, 19(7), 1517. doi:10.3390/s19071517.
2 Chyrkov, A., & Prystavka, P. (2018). Suspicious Object Search in Airborne Camera Video Stream. Advances in Computer Science for Engineering and Education, 340–348. doi:10.1007/978-3-319-91008-6_34.
3 Zhao, Y., Miu, H., Ma, J., & Du, H. (2021). Design of the Reconnaissance UAV based on TGAM. Journal of Physics: Conference Series, 1771(1), 012003. doi:10.1088/1742-6596/1771/1/012003.
4 Zwęgliński, T. (2020). The Use of Drones in Disaster Aerial Needs Reconnaissance and Damage Assessment—Three-Dimensional Modeling and Orthophoto Map Study. Sustainability, 12(15), 6080. doi:10.3390/su12156080.
5 Park, J.-H., Choi, S.-C., Ahn, I.-Y., & Kim, J. (2019). Multiple UAVs-based Surveillance and Reconnaissance System Utilizing IoT Platform. 2019 International Conference on Electronics, Information, and Communication (ICEIC). doi:10.23919/elinfocom.2019.8706406.
6 Opgal (2020, August 9). Johnson's Criteria for "Thermal Camera and Systems" Performance. https://www.opgal.com/blog/thermal-cameras/johnsons-criteria-for-thermal-camera-and-systems-performance/
7 Edmund Optics (2020, January 21). Introduction to Modulation Transfer Function. https://www.edmundoptics.com/knowledge-center/application-notes/optics/introduction-to-modulation-transfer-function/
8 Platonenko, A., Oleksiienko, H. (2021, 28 April). The use of modern technical means of air reconnaissance to protect information at the objects of information activities. III All-Ukrainian scientific-practical online conference "Theoretical and practical problems of using mathematical methods and computer-oriented technologies in education and science," 1–3.
9 Platonenko, A., Sokolov, V., Skladannyi, P., & Oleksiienko, H. (2021). Technical Means of Airintelligence to Ensure the Physical Security of Information Activities. Cybersecurity: Education, Science, Technique, 12(4), 143–150. doi:10.28925/2663-4023.2021.12.143150.
10 DJI (2018, November 9). MAVIC 2 Specs. https://www.dji.com/mavic-2/info#specs
11 DJI (2020, November 5). DJI Mini 2 Specs. https://www.dji.com/mini-2/specs
12 DJI (2016, October 27). ZENMUSE Z30 Specs. https://www.dji.com/zenmuse-z30/info#specs
13 DJI (2019, June 30). Mavic 2 Enterprise Series. https://www.dji.com/mavic-2-enterprise/specs
14 DJI (2020, May 16). Matrice 300 RTK Specs. https://www.dji.com/matrice-300/specs
15 DJI (2020, May 29). Zenmuse H20 Series Spec. https://www.dji.com/zenmuse-h20-series/specs
16 QUADRO (2021, 26 October). QUADRO.UA. https://quadro.ua/

(cc) BY-NC-SA

This work is licensed under Creative Commons Attribution-noncommercial-sharealike 4.0 International License.