

УДК 004.42, 004.8

DOI: <https://doi.org/10.36994/2788-5518-2024-01-07-17>

ПРОБЛЕМИ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ РОЗПІЗНАВАННЯ ТА ПОРІВНЯННЯ ЗОБРАЖЕНЬ ПІД ЧАС НАВІГАЦІЇ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Юшко О.В., аспірант, Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна», Київ, Україна. <https://orcid.org/0009-0008-7686-3503>, olegushko94@gmail.com.

Самарай В. П., к.т.н., доц., Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна», Київ, Україна. <https://orcid.org/0000-0003-4419-1366>, samaraj@ukr.net

Анотація. Через специфіку завдань та сфери використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) у сьогоденні на навігаційну частину покладається значна роль і водночас багато обмежень. Завдання ускладнюється в умовах сильного впливу ворожих комплексів радіоелектронної боротьби. У цій роботі запропоновано використання методів порівняння та розпізнавання зображень для підвищення точності навігації. Основні вимоги для доцільного та ефективного використання БПЛА полягають у можливості використовувати його на будь-якій висоті та в будь-який час доби. Такі вимоги призводять до виникнення певних ускладнень підготовки як еталонів зображень, так і їх порівняння з отриманими зображеннями з дрону. У роботі розглянуто основні проблеми, з якими доводиться стикатись у використанні методів розпізнавання чи порівняння зображень для підвищення точності навігації безпілотних літальних апаратів.

У статті проаналізовано різні варіанти джерел отримання еталонних зображень та як результат запропоновано використання супутникових знімків земної поверхні. Такий підхід дає низку переваг, адже супутникові знімки охоплюють чи не всю територію планети, а якщо говорити про комерційні платформи, які надають такі знімки (EOSDA LandViewer, NASA EarthData, OnGEO, PlanetLab), то постійне оновлення та висока роздільна здатність зображень забезпечують якісні та актуальні еталонні знімки.

Вибравши супутникові знімки як джерело еталонних зображень, надалі виникають такі питання: різниця висот, перспектив, масштабів та переведення в інфрачервоний спектр. У роботі проводиться огляд алгоритмів перетворення та їх порівняльний аналіз. У підсумку бачимо, що варто виконати більше число випробувань за різних умов для подальшої оцінки можливості використання цього методу покращення точності навігації БПЛА.

Ключові слова: БПЛА, дрон, навігація, розпізнавання зображень, інфрачервоний.

PROBLEMS OF APPLICATION OF IMAGE RECOGNITION AND COMPARISON METHODS IN UAV NAVIGATION

Oleh Yushko, Ph.D. student, Open International University of Human Development "Ukraine", Kyiv, Ukraine. <https://orcid.org/0009-0008-7686-3503>, olegushko94@gmail.com.

Valery Samarai, Ph.D., Ass. Prof., Open International University of Human Development "Ukraine", Kyiv, Ukraine. <https://orcid.org/0000-0003-4419-1366>, samaraj@ukr.net

Abstract. Due to the specificity of the tasks and areas of use of UAVs today, the navigation part has a significant role and at the same time many limitations. The task is complicated in conditions of strong influence of enemy radio-electronic warfare systems. Therefore, this paper proposes the use of image comparison and recognition methods to increase the accuracy of navigation, which is the key to completing the task. The main requirements for the appropriate and effective use of a UAV are the ability to use it at any height and at any time of the day. Such requirements lead to the emergence of certain complications for the preparation of both image standards and their comparison with images obtained from a drone. The paper examines the main problems that have to be faced when using methods of recognition or image comparison to increase the accuracy of navigation of unmanned aerial vehicles.

The article analyzes various options for obtaining reference images and, as a result, proposes the use of satellite images of the Earth's surface. This approach offers a number of advantages, because satellite images cover almost the entire territory of the planet, and if we talk about commercial platforms that provide such images (EOSDA LandViewer, NASA EarthData, OnGEO, PlanetLab), then the constant updating and high resolution of the images provide high-quality and current reference images.

Having chosen satellite images as a source of reference images, the following questions arise in the future: differences in heights, perspectives, scales and conversion to the infrared spectrum.

The paper provides an overview of transformation algorithms and their comparative analysis. As a result, we can see that it is worth conducting a larger number of tests under different conditions, in order to further evaluate the possibility of using this method to improve the accuracy of UAV navigation.

Key words: UAV, drone, navigation, image recognition, infrared.

Вступ

Сучасні важкі воєнні умови диктують свої правила у всіх сферах життя, і наука не є виключенням, адже саме наукові дослідження є основою для вдосконалення та створення новітніх систем озброєння та захисту. Тому основним завданням вітчизняної науки у воєнний час мають бути дослідження, результати яких так чи інакше будуть пришвидшувати перемогу.

Важливість використання безпілотних літальних апаратів важко недооцінювати, з кожного джерела інформації щодня лине інформація про БПЛА. Але разом з розвитком безпілотників відбувається і розвиток ворожих засобів протидії. Одним з таких засобів протидії є радіоелектронна боротьба, яка, на жаль, у нашого ворога дуже розвинена і вважається чи не найкращою у світі. Зважаючи на цей чинник, постає актуальна тема вдосконалення наявних систем навігації з метою захисту їх від впливу ворожого РЕБ.

Основними підходами для навігації БПЛА та ракет є:

1. GPS-навігація.
2. Інерційна система навігації.

Ці підходи мають певні переваги та недоліки. Якщо говорити про GPS, то це надточна та компактна система, проте може бути вразлива до перешкод від РЕБ. Інерційна навігація своєю чергою не підвладна дії радіоелектронних перешкод, проте дуже громізка та дорога в реалізації, і, крім того, може накопичувати значну похибку на своїй траєкторії.

Необхідність розробки компактної, точної, економічно вигідної та завадостійкої навігаційної системи залишається важливим та актуальним завданням, що підтверджується великою кількістю досліджень, таких як [1; 2]. Автор вважає, що створення ефективного прототипу можливе шляхом інтеграції найкращих аспектів наявних рішень та усунення їхніх недоліків. Перспективним підходом може бути гібридна система, яка поєднує GPS та інерційне наведення з додатковим механізмом верифікації, таким як фотознімки. У програмуванні маршруту оператор або програма створення польотного маршруту заповнює візуальні орієнтири або інші дані для точнішого визначення позиції, що дозволяє компенсувати похибки інерційної системи, особливо якщо сигнал GPS втрачено або підмінено. Ці фото задаються з певним інтервалом на всьому шляху, що забезпечує можливість коригування на будь-якій ділянці траєкторії та не дозволяє значного відхилення від запланованого маршруту.

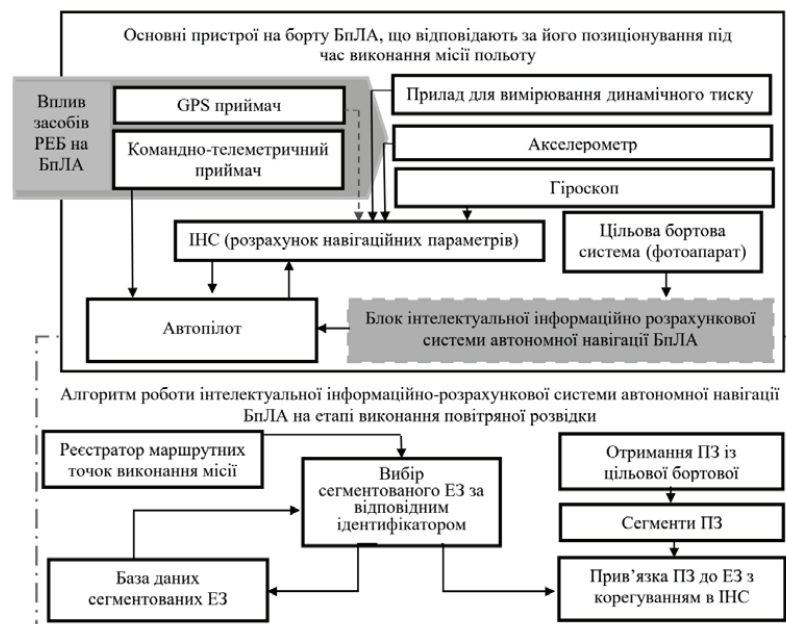


Рис. 1. Пропонована блок-схема роботи навігаційної системи БПЛА

На рисунку 1 зображена запропонована схема роботи комбінованого алгоритму навігації. Якщо коротко, то суть роботи цього методу можна описати таким чином. Оператор програмує польотне

завдання з використанням певного програмного забезпечення, де задаються точка запуску та цільова точка, а також визначаються певні проміжні орієнтири на протяжності всього маршруту, а також візуальні дані самої цілі для донаведення на фінальному етапі. Вся ця інформація завантажується в БПЛА, і він стає готовим для запуску. Відбувається запуск з визначеної точки, дрон летить та порівнює координати GPS із візуальними орієнтирами, якщо відзначається невідповідність, дрон переходить на інерційну систему до тих пір, поки координати не будуть відповідати реальним. Відповідно, за виконання цих обчислень коригування польоту відповідає блок інтелектуальної інформаційно-розрахункової системи автономної навігації БПЛА.

Постає питання, де брати ці еталонні зображення, адже якщо говорити про військову специфіку, то отримати знімки території ворога з розвіддрона на велику глибину території неможливо. Як варіант рішення для дослідження пропонує використовувати супутникові знімки земної поверхні. Такі знімки можна отримати на різних сервісах. Наявні безкоштовні та платні варіанти, всі вони відрізняються різним рівнем деталізації знімків, форматом зображень, масштабом тощо. Для подальшого етапу дослідження можна вибрати супутникові знімки Google Maps. Таким чином, ми підійшли до теми використання методів розпізнавання зображень для покращення навігації БПЛА. А саме порівняння еталонних супутникових знімків з фотографіями, отриманими з камери дрона.

Дослідження

У зв'язку з великими відмінностями у перспективі спостереження із супутника та дрона та відстані між об'єктом та самим пристроєм зйомки візуальні характеристики однієї й тієї ж цілі можуть доволі сильно різнитись. Це створює значні труднощі для кореляції між такими зображеннями. На цю тему є багато досліджень з різними результатами та підсумками. Хочу відзначити доволі змістовне дослідження [4], в якому проаналізовано значну кількість наявних досліджень, у тому числі і роботу [3], яка містить відкритий набір даних різних знімків із супутника та БПЛА. Що цікаво, знімки дрона відбуваються під кутом (рисунок 2), що ускладнює завдання, тим не менше, як показується у статті [3], результати навчання дають доволі високі показники точності.

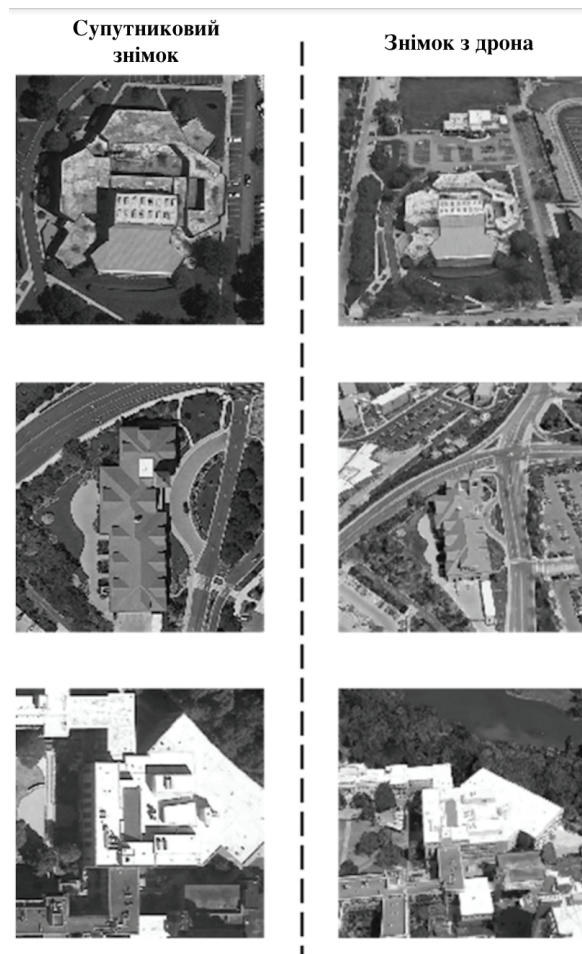


Рис. 2. Приклади зображень із супутника та БПЛА

Всі знайдені та проаналізовані дослідження на тему використання зображень, отриманих з безпілотної, для навігації використовують кольорові (RGB) зображення як із супутника, так і з самого дрона. Проте якщо говорити про військову сферу застосування, то доволі часто ударні БПЛА більш ефективні в темну пору доби, тому варто працювати в інфрачервоному діапазоні (IR). Отже, варто провести дослідження можливості використання фотоматеріалів у інфрачервоному спектрі, а саме: провести навчання нейромережі з використанням фото в інфрачервоному діапазоні та надати оцінку одержаним результатам.

Пошук відкритих можливих джерел супутникових знімків, виконаних в інфрачервоному діапазоні, результатів не дав. Адже такі знімки або поширюються на комерційній основі, або взагалі мають обмежений доступ. А для проведення дослідження виникла ідея застосувати алгоритм перетворення кольорового зображення в інфрачервоний діапазон, що дозволить використовувати будь-які супутникові знімки, а їх база у відкритому доступі величезна. Але варто зауважити, що перетворити RGB зображення у IR фізично неможливо, адже принцип роботи фотоелементів зовсім інший. Але якщо говорити про короткий інфрачервоний спектр, то він подібний до R каналу класичної RGB камери, що вселяє надію на отримання конвертованого зображення доволі високого рівня схожості зі справжнім IR. Проте якщо використовувати Pix2Pix та CycleGAN перетворення, що представлені в роботі [5] та дослідженні [6], то результати мають доволі високий рівень схожості з реальним IR зображенням. Як бачимо на рисунку 3, кожен підхід містить певні вади, проте це можна списати на лімітований датасет, на якому навчалися нейромережі.



Рис. 3. Порівняння перетворених (Pix2Pix та CycleGAN) та реальних інфрачервоних зображень

Розглядаючи отримані підсумки роботи [7], а саме алгоритм VQ-InfraTrans, де вже значно покращено процес конвертації RGB в IR, можна помітити зменшення кількості випадкових артефактів у результаті перетворення, що свідчить про кращу структуру та навчаність мережі, а отже, і більший рівень точності, а саме 85–90%, про що і заявляють автори. Отже, надалі продовжуємо дослідження з використанням цього підходу.

Використаємо VQ-InfraTrans [10] для переведення набору даних University-1652 [3]. Виконавши таке перетворення супутникових зображень та зображень з дрона, які представлені в наборі, ми отримали зображення, схожі на інфрачервоний спектр. Далі, використовуючи підхід статті [3], виконаємо навчання мережі, але не на оригінальному наборі даних, а на отриманому після застосування перетворення в IR. Після успішного навчання отримуємо результати, які схожі на дослідження [3],

а саме рівень точності визначення відповідає рівню 50–60%. Отже, можна зробити припущення, що конвертування RGB зображень на IR не змінило точність порівняння знімків.

Висновок

Дослідження показали, що рівень відповідності між перетвореними зображеннями та реальними інфрачервоними знімками досягає 85–90%, що дозволяє надійно використовувати ці алгоритми для орієнтації БПЛА в темну пору доби.

Результати навчання моделі порівняння та розпізнавання зображень показали доволі високу точність до 60% візуальної відповідності, що свідчить про те, що перехід на інфрачервоний діапазон не вплинув на точність і відповідає результатам RGB.

Література

1. Erick Menezes Moreira, Otavio Augusto Maciel Camargo, Julio Cesar Duarte, Paulo Fernando F. Rosa. Scene matching in GPS denied environments: a comparison of methods for orthophoto registration, 2019.
2. Bhakti Chindhe, Archana Ramalingam, Shravani Chavan, Shreya Hardas, Dipti Durgesh Patil. Advances in Vision-Based UAV Manoeuvring Techniques, 2023.
3. Zheng Z., Wei Y. and Yang Y. "University-1652: A multi-view multi-source benchmark for drone-based geo-localization", Proc. 28th ACM Int. Conf. Multimedia, 2020. Pp. 1395–1403.
4. Zhuang, J., Chen, X., Dai, M., Lan, W., Cai, Y., Zheng, E. A Semantic Guidance and Transformer-Based Matching Method for UAVs and Satellite Images for UAV Geo-Localization. *IEEE Access*, 2022, 10, 34277–34287.
5. Hannes Liik. Thermal Image Generation from RGB. Medium, 2019.
6. El Mahdi B.M., Abdelkrim N., Abdenour A., et al. A novel multispectral maritime target classification based on ThermalGAN (RGB-to-thermal image translation). *J Exp Theor Artif Intell*, 2023.
7. Sun Q., Wang X., Yan C., Zhang X. VQ-InfraTrans: A Unified Framework for RGB-IR Translation with Hybrid Transformer. Remote Sensing. 2023.

References

1. Erick Menezes Moreira, Otavio Augusto Maciel Camargo, Julio Cesar Duarte, Paulo Fernando F. Rosa. (2019). Scene matching in GPS denied environments: a comparison of methods for orthophoto registration.
2. Bhakti Chindhe, Archana Ramalingam, Shravani Chavan, Shreya Hardas, Dipti Durgesh Patil. (2023). Advances in Vision-Based UAV Manoeuvring Techniques.
3. Zheng, Z., Wei, Y. and Yang, Y. (2020). "University-1652: A multi-view multi-source benchmark for drone-based geo-localization", Proc. 28th ACM Int. Conf. Multimedia, pp. 1395–1403.
4. Zhuang, J., Chen, X., Dai, M., Lan, W., Cai, Y., Zheng, E. (2022). A Semantic Guidance and Transformer-Based Matching Method for UAVs and Satellite Images for UAV Geo-Localization. *IEEE Access*, 10, 34277–34287.
5. Hannes, Liik. Thermal Image Generation from RGB. (2019). Medium.
6. El Mahdi, B.M., Abdelkrim, N., Abdenour, A., et al. (2023). A novel multispectral maritime target classification based on ThermalGAN (RGB-to-thermal image translation). *J Exp Theor Artif Intell*.
7. Sun, Q., Wang, X., Yan, C., Zhang, X. (2023). VQ-InfraTrans: A Unified Framework for RGB-IR Translation with Hybrid Transformer.