

## **ГІБРИДНИЙ МЕТОД ВІЗУАЛЬНОГО СУПРОВОДУ ОБ'ЄКТІВ ДЛЯ АВТОНОМНИХ БПЛА В УМОВАХ ОБМЕЖЕНИХ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ РЕСУРСІВ**

Овдіюк Є.М., Дергачов К.Ю.

Національний аерокосмічний університет  
«Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна

В умовах захисту інфраструктури від атак агресора ключова роль відводиться знищенню ворожих БПЛА. Одним із потенційно ефективних засобів вирішення цього завдання є використання ударних БПЛА з сучасною системою керування. Розробка такої системи, а також створення алгоритмів виявлення, супроводу цілі висвітлені у роботах "Simulation System for Modelling UAV Visual Guidance" [1] та "Brightness Differences Matrix Comparison Method for Region of Interest Tracking" [2].

Нещодавні дослідження у сфері комп'ютерного зору, зокрема застосування гібридного підходу на основі детектора YOLOv3 у поєднанні з кореляційним фільтром KCF, демонструють високий потенціал для інтеграції систем відстеження об'єктів у БПЛА. Це забезпечує точну ідентифікацію та супроводження об'єктів інтересу в режимі реального часу під час автономних місій, досягаючи швидкості високої обробки кадрів на бортових обчислювальних модулях. [3].

Однією з ключових проблем таких систем є обчислення області інтересу (ROI) на малопотужних обчислювальних платформах без використання спеціалізованих графічних прискорювачів (GPU). Хоча навіть бюджетні мінікомп'ютери оснащені багатоядерними центральними процесорами (CPU), можливість підвищення продуктивності за рахунок паралельних обчислень фундаментальні обмеження, що демонструється в дослідженні Intel Parallel Computing Labs [4]. Це особливо критично у задачах відстеження області інтересу, де обробка кожного відеокадру залежить від результатів попереднього, що унеможливорює паралельне опрацювання відеопотоку. Експериментальні дані показують, що при спробі паралелізувати обробку одного кадру на кількох ядрах CPU накладні витрати на синхронізацію потоків виявилися більшими, ніж отримана вигода через обмежений паралелізм [4].

Метою цієї роботи є запропонувати новий гібридний підхід до візуальної навігації БПЛА, який забезпечує підвищення точності відслідковування ROI. Варто підкреслити, що запропонований метод не покращує швидкість обробки відео, натомість спрямований на підвищення надійності визначення положення цілі. Ми пропонуємо гібридний метод, що поєднує кілька високопродуктивних алгоритмів, які працюють паралельно на окремих ядрах CPU. Результати обробки кожного з потоків порівнюються, і навіть у разі втрати цілі одним або кількома алгоритмами система зберігає здатність до стабільного відстеження.

У дослідженні "Brightness Differences Matrix Comparison Method for Region of Interest Tracking" [2] запропоновано ефективний метод відстеження

області інтересу та проведено його порівняльний аналіз з іншими підходами. Серед високопродуктивних методів, придатних до інтеграції в гібридну систему, можна виокремити BDMC, MOSSE, а також NanoTrack — надлегку нейромережу з високою швидкістю. Таким чином, навантаження може бути розподілено між трьома ядрами CPU, кожне з яких обробляє окремий алгоритм в окремому потоці, тоді як четверте ядро відповідає за координацію та об'єднання результатів.

Попередні випробування прототипу такого підходу продемонстрували, що загальна швидкість системи обмежується найповільнішим з використаних алгоритмів.

Це є прийнятним компромісом з огляду на підвищення точності. Проте було виявлено затримки на етапі ініціалізації паралельних процесів: після першого визначення області інтересу системі потрібно декілька секунд на запуск усіх потоків. Автори активно працюють над усуненням цього технічного обмеження.

Поєднання класичних методів та нейромереж у межах єдиного рішення дозволяє створити надійну гібридну систему для бойових БПЛА, здатну ефективно функціонувати навіть у разі відмови одного з алгоритмів.

Інтеграція нейронних мереж для розпізнавання об'єктів, застосування методів доповнення даних та надійного виділення ознак зображень суттєво підвищує рівень автономності БПЛА.

Легкі нейромережі в поєднанні з класичними математичними моделями забезпечують практичні переваги для виконання обчислень на борту в умовах обмежених ресурсів. У подальших дослідженнях доцільно зосередитися на вдосконаленні методів злиття даних та проведенні польових випробувань із метою перевірки ефективності запропонованої системи в різних умовах експлуатації.

### **Список літератури**

1. K. Dergachov, V. Dubinin, E. Ovdiiuk, I. Bychkova, D. Puhach, Simulation Platform for Testing and Validating of UAV Visual Guidance Algorithms. *Advances in Civil Aviation Systems Development*. 2025. С. 548–565. DOI: 10.1007/978-3-031-91992-3\_37
2. K. Dergachov; E. Ovdiiuk, Brightness Differences Matrix Comparison Method for Region of Interest Tracking. 2025 15th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), September 17, 2025. DOI: 10.1109/acit65614.2025.11185717
3. Saribas H, Uzun B, Benligiray B, Eker O, Cevikalp H., A hybrid method for tracking of objects by UAVs. In *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops 2019* (pp. 0-0). DOI: 10.1109/CVPRW.2019.00082
4. Tithi JJ, Aananthakrishnan S, Petrini F. Online and Real-time Object Tracking Algorithm with Extremely Small Matrices. *WHPC 2020 Summit*. 2020 Mar 26. DOI: 10.48550/arXiv.2003.12091