УДК 004.93

Бевзюк А. Ю., здобувачка 4 курсу
спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Ніколюк П. К., д-р фіз.-мат. наук, професор
кафедри інформаційних технологій

СТАБІЛІЗАЦІЯ ВІДЕОРЯДУ, ОТРИМАНОГО З ВІДЕОКАМЕРИ, ВСТАНОВЛЕНОЇ НА ДРОНІ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

Стрімкий розвиток безпілотних літальних апаратів (БПЛА) привів до їх широкого використання в різних сферах: від кінематографії та журналістики до геодезії, сільського господарства, пошуково-рятувальних операцій і оборони. Ключовим компонентом, що забезпечує функціональність БПЛА, є відеокамера, яка надає оператору візуальний зв'язок із землею та дає змогу фіксувати події. Проте якість відеоряду, отриманого під час польоту, часто незадовільна через фізичні збурення, пов'язані з вібрацією двигуна, турбулентністю повітря та різкими змінами орієнтації під час маневрування [1]. Внаслідок цього відео стає розмитим, нестабільним і малопридатним для професійного аналізу чи комфортного перегляду, що знижує його інформативність.

Стабілізація відеоряду дронів є актуальною проблемою, оскільки у багатьох галузях якісний відеоконтент є критично важливим. У військовій сфері це забезпечує точність розвідданих, у цивільній – високу якість кінозйомки та журналістських матеріалів, а в науковій – достовірність даних моніторингу. Тому застосування методів стабілізації є необхідним етапом обробки, який підвищує точність, інформативність та придатність відео для подальшого комп'ютерного аналізу.

Існує кілька основних підходів до стабілізації відео, які застосовуються у системах комп'ютерного зору та відеозйомки з дронів:

– методи на основі оптичного потоку, які оцінюють поле зміщень між сусідніми кадрами та визначають глобальний зсув камери (методи Лукаса–Канаде, Хорна–Шенка, Farneback тощо) [2];

– методи, що використовують ключові точки, де визначаються характерні ознаки зображення (SIFT, ORB, SURF), встановлюються відповідності між ними та обчислюється матриця трансформації для вирівнювання кадрів;

– методи фільтрації траєкторії руху, коли оцінюється послідовність зміщень камери, після чого вона згладжується за допомогою фільтрів (Калмана, середнього ковзного, Gaussian smoothing), а зображення коригуються відповідно до отриманої стабілізованої траєкторії.

У цьому дослідженні застосовано підхід, що базується на оцінці міжкадрового руху за допомогою оптичного потоку Farneback. Отримані значення зміщення використовувалися для побудови афінного перетворення, яке компенсувало глобальний рух камери та забезпечувало стабілізацію відеоряду.

Для експериментальної перевірки методу було використано набір даних UAV123_10fps [3], що містить реальні відеопослідовності польоту дронів у різних

умовах. Реалізацію алгоритму виконано мовою C# з використанням бібліотеки OpenCvSharp, що надала необхідні засоби для роботи з оптичним потоком та геометричними перетвореннями.

Для реалізації стабілізації було завантажено 50 кадрів із набору даних та попередньо перетворено у формат градацій сірого. Між кожною парою сусідніх кадрів обчислювався оптичний потік за алгоритмом Farneback, який дає змогу визначити напрям і величину локальних зміщень у зображенні:

```
Mat flow = new Mat();
Cv2.CalcOpticalFlowFarneback(prevGray, gray, flow, 0.5, 3, 15, 3, 5, 1.2,
0);
```

На основі отриманої карти руху визначався середній вектор глобального зміщення, що характеризує загальний дрейф камери між кадрами. Цей вектор послідовно акумулювався, формуючи оцінку кумулятивного зміщення дронах.

Для компенсації цього руху застосовувалося афінне перетворення типу зсуву, що дає змогу змістити кадр у протилежному напрямку та вирівняти відеоряд. Зсув описувався матрицею:

```
Mat shiftMatrix = Mat.Eye(2, 3, MatType.CV_32F);
shiftMatrix.Set(0, 2, -accumulatedShift.X);
shiftMatrix.Set(1, 2, -accumulatedShift.Y);
```

Оскільки стабілізація відеоряду компенсує загальний дрейф камери, зміни між окремими кадрами можуть бути незначними та малопомітними на статичних зображеннях. Однак у динаміці, під час програвання відео, сумарний ефект вирівнювання руху стає чітко видимим.

На рис. 1 наведено приклад кадру до та після стабілізації.

Для кількісної оцінки ефективності алгоритму було використано метрику суми абсолютних різниць (SAD) між послідовними кадрами:

$$SAD = \sum_{x,y} |I_t(x,y) - I_{t-1}(x,y)|,$$

де $I_t(x,y)$ та $I_{t-1}(x,y)$ – це інтенсивності пікселів поточного та попереднього кадру.

На графіку (рис. 2) представлено динаміку змін цієї метрики для оригінального та стабілізованого відео. Як видно з результатів, значення SAD після стабілізації (зелена лінія) знаходяться суттєво нижче за значення оригінальної послідовності (червона лінія) на переважній більшості кадрів. Це свідчить про значне зменшення міжкадрових відмінностей, що безпосередньо підтверджує ефективність запропонованого методу стабілізації.

Проведений аналіз і реалізація алгоритму показали, що стабілізація на основі оптичного потоку дає змогу значно зменшити розмиття і коливання кадрів. Після обробки відео стає більш стабільним, інформативним та придатним для подальшого комп’ютерного аналізу. Це підвищує точність оцінки руху об’єктів, полегшує візуальне сприйняття та розширює можливості практичного використання даних дронів.



Рисунок 1 – Приклад зображення до та після стабілізації

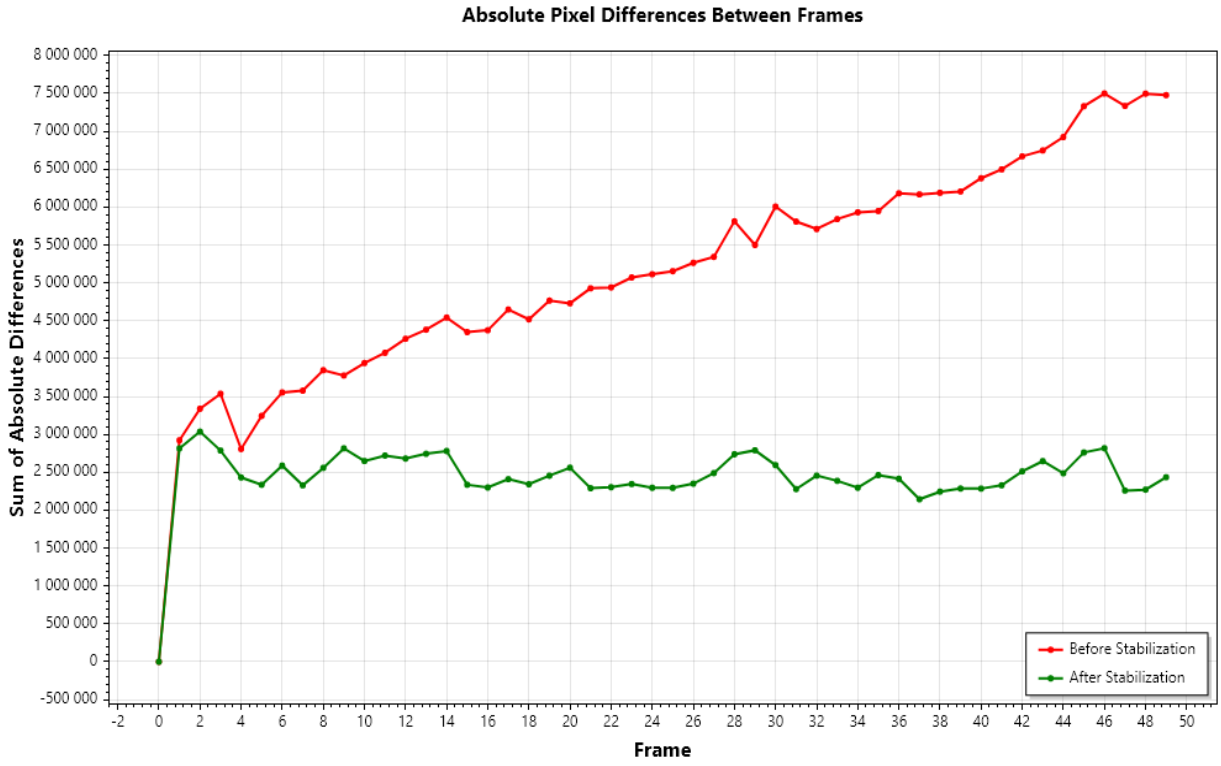

Рисунок 2 – Аналіз стабілізації за метрикою SAD

Список використаних джерел

1. Cross N. S. Onboard video stabilization for unmanned air vehicles. 2011. URL: https://doi.org/10.15368/theses.2011.67 (дата звернення: 27.11.2025).

2. Real-time optical flow-based video stabilization for unmanned aerial vehicles / A. Lim et al. Journal of real-time image processing. 2017. Т. 16, № 6. P. 1975–1985. URL: https://doi.org/10.1007/s11554-017-0699-y (дата звернення: 28.11.2025).

3. Mueller M., Smith N., Ghanem B. A benchmark and simulator for UAV tracking. *Computer vision – ECCV 2016.* Cham, 2016. P. 445–461. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-46448-0_27 (дата звернення: 28.11.2025).