

## **Порівняльний аналіз методів SIFT та SURF для виявлення локальних ознак на знімках з безпілотних літальних апаратів**

*У дослідженні розглядаються методи виявлення локальних ознак, такі як SIFT та SURF, що широко використовуються в комп'ютерному баченні для обробки знімків з безпілотних літальних апаратів. Алгоритми аналізуються з точки зору точності та швидкості, їх переваги й недоліки обговорюються на прикладі обробки зображень у середовищі MATLAB.*

### **Вступ**

Знімки з БПЛА є важливим джерелом даних для різних досліджень, включаючи моніторинг змін ландшафтів, управління природними ресурсами, аналіз катастроф, спостереження за сільським господарством та оборонні цілі. Завдяки високій роздільній здатності та різноманітності, такі знімки забезпечують детальну інформацію для виявлення й розпізнавання об'єктів [1]. Однак обробка цих даних вимагає застосування складних алгоритмів, зокрема для виявлення локальних ознак об'єктів для їх подальшого детектування на зображенні — SIFT (Scale Invariant Feature Transform) і SURF (Speeded-Up Robust Features) є одними з найпоширеніших [2][3].

### **Огляд методів виявлення локальних ознак**

Методи виявлення локальних ознак використовуються для розпізнавання об'єктів на зображеннях незалежно від їхніх змін у масштабі, освітленні чи обертанні.

SIFT аналізує зображення на різних масштабах, використовуючи гауссове розмиття та різницю гауссіан для пошуку ключових точок. Кожна точка описується вектором ознак, що робить їх незалежними від змін масштабу та орієнтації [4]. Основними етапами SIFT є попереднє розмиття, побудова масштабного простору, пошук екстремумів, визначення орієнтації та створення дескрипторів. Метод є стійким до шумів та змін освітлення [5][6].

SURF є оптимізованою версією SIFT і використовує матрицю Гессіана для швидкого обчислення ключових точок. Він також застосовує фільтри коробкової згортки для покращення ефективності [7]. Завдяки використанню інтегральних зображень SURF значно прискорює процес аналізу, що робить його ефективнішим для завдань, де критично важлива швидкість [8][9].

### **Порівняння алгоритмів SIFT і SURF**

Порівняння двох методів проводилось на основі їхньої здатності виявляти ключові точки та швидкості обробки.

SIFT виявляє більше ключових точок завдяки детальному аналізу зображень на різних масштабах і високій стійкості до змін освітлення та орієнтації об'єктів. Він є більш надійним у складних умовах, але його

недоліком є більші обчислювальні витрати, що призводить до більшої тривалості обробки зображень [10].

SURF забезпечує швидшу обробку за рахунок використання матриці Гессіана і коробкових фільтрів. Цей метод менш точний у виявленні ключових точок, особливо при складних умовах освітлення чи різких обертах об'єктів, але він значно ефективніший у завданнях, що потребують обробки в реальному часі [11].

### **Експерименти та результати**

Експерименти проводилися на знімках, які включають складні об'єкти, такі як кораблі, доки, літаки, будівлі та автомобілі. Висока роздільна здатність зображень дала можливість детально перевірити роботу алгоритмів SIFT та SURF. Для кожного зображення методи виявляли ключові точки, що згодом використовувалися для зіставлення з об'єктами на інших знімках.

У процесі експерименту метод SIFT показав більшу кількість виявлених ключових точок, особливо у складних сценах із нерівним освітленням та різними кутами обертання. Це забезпечує кращу деталізацію в розпізнаванні об'єктів. SURF, навпаки, працював швидше, виявляючи менше точок, але забезпечуючи швидке зіставлення. В експериментах також вивчали чутливість алгоритмів до обертання об'єктів, де SIFT показав стабільні результати, тоді як SURF демонстрував зниження кількості виявлених точок на великих кутах обертання [12].

### **Висновок**

Методи SIFT та SURF демонструють різні підходи до виявлення локальних ознак, що робить їх корисними для різних задач. SIFT є більш надійним у складних умовах освітлення та змін масштабів, виявляючи більше ключових точок. Це робить його ідеальним вибором для завдань, де точність виявлення є пріоритетом, навіть якщо це вимагає більше обчислювальних ресурсів.

SURF, натомість, є значно швидшим і менш вимогливим до обчислювальних потужностей, що робить його підходящим для задач, де необхідна швидка обробка в реальному часі. Хоча він виявляє менше ключових точок, його ефективність дозволяє використовувати його в системах, де швидкість важливіша за точність.

Таким чином, вибір між цими методами залежить від конкретних завдань. Якщо необхідна точність та стійкість до змін умов зйомки, краще використовувати SIFT. Якщо ж потрібна швидка обробка зображень для задач реального часу, перевагу варто віддати SURF.

### **Список літератури**

1. T. Lindeberg, Scale selection, *Computer Vision: A Reference Guide*, Springer, 2014, pp. 701–713. doi: 10.1007/978-3-030-63416-2\_242.
2. E. Ristani, F. Solera, R. Zou, R. Cucchiara, C. Tomasi, Performance measures and a data set for multi-target, multi-camera tracking, *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and*

Lecture Notes in Bioinformatics), vol. 9914, 2016, pp. 17–35. doi: 10.48550/arXiv.1609.01775.

3. A. Riabko Methods of satellite images segmentation analysis, in: Proceedings of 7th IEEE International Conference on Methods and Systems of Navigation and Motion Control (MSNMC), Kyiv, Ukraine, 2023, pp. 163–167. doi: 10.1109/MSNMC61017.2023.10329167.

4. A. Singh, SIFT Algorithm: How to use SIFT for image matching in Python, 2024. URL: <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2019/10/detailed-guide-powerful-sift-technique-image-matching-python/>.

5. D. Tyagi, Introduction to SIFT (Scale Invariant Feature Transform), 2019. URL: <https://medium.com/@deepanshut041/introduction-to-sift-scale-invariant-feature-transform-65d7f3a72d40>.

6. D.G. Lowe, Object recognition from local scale-invariant features, in: Proceedings of the International Conference on Computer Vision, Kerkyra, Greece, 1999, pp. 1150–1157. doi: 10.1109/ICCV.1999.790410.

7. E. Oyallon, J. Rabin, An analysis and implementation of the SURF method, and its comparison to SIFT, Image Processing On Line, 2015. doi: 10.5201/ipol.2015.69.

8. H. Bay, A. Ess, T. Tuytelaars, L. van Gool, SURF: Speeded up robust features, Computer Vision and Image Understanding 110 (3) (2008) 346–359. doi: 10.1016/j.cviu.2007.09.014.

9. H. Bay, T. Tuytelaars, L. van Gool, SURF: Speeded up robust features, in: Proceedings of the ninth European Conference on Computer Vision, 2006. doi: 10.1007/11744023\_32.

10. K. A. Elorabi, A. Zekry, W.A. Mohamed, Optimizing SIFT algorithm parameters for better matching UAV and satellite images, Journal of Physics: Conference Series 2616 (1). doi: 10.1088/1742-6596/2616/1/012044.

11. X. Zhao, H. Li, P. Wang, L. Jing, An image registration method using deep residual network features for multisource high-resolution remote sensing images, Remote Sensing 13(17), 3425. doi:10.3390/rs13173425.

12. Y. Averyanova, V. Larin, N. Kuzmenko, I. Ostroumov, M. Zaliskyi, O. Solomentsev, O. Sushchenko, Y. Bezkorovainyi, Turbulence detection and classification algorithm using data from AWR, in: Proceedings of IEEE 2nd Ukrainian Microwave Week (UkrMW), Kyiv, Ukraine, 2022, pp. 518–522. doi: 10.1109/UkrMW58013.2022.10037172.