

**Романюк О. Н.,**  
доктор технічних наук, професор,  
завідувач кафедри програмного забезпечення,  
Вінницький національний технічний університет

**Пивовар М. А.,**  
студент групи ІІІ-18м  
факультет інформаційних технологій і комп'ютерної інженерії,  
Вінницький національний технічний університет

## МОДИФІКАЦІЯ МЕТОДУ ЛОЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ОСІ СИМЕТРІЇ ОБЛИЧЧЯ ЛЮДИНИ

**Анотація:** запропоновано модифікацію методу Лоя для визначення осі симетрії обличчя людини, особливість якого полягає у заміні методу визначення ключових точок SIFT на метод ORB, що дозволило підвищити швидкість та точність процесу пошуку осі симетрії.

**Ключові слова:** обличчя людини, симетрія обличчя людини, метод Лоя, ключові точки зображення обличчя людини.

**Abstract:** Modification of Loy's method for detecting human face symmetry axis was proposed, the feature of which is to replace SIFT method of feature points detection by ORB method, that allows to increase the speed and accuracy of the process of symmetry axis detection.

**Keywords:** human face, human face symmetry, Loy's method, human face image feature points.

В медичній практиці для діагностування багатьох захворювань необхідно визначити симетрію обличчя [1]. Такі методи повинні мати високу продуктивність і точність. У роботі запропоновано модифікацію методу Лоя для визначення осі симетрії обличчя людини.

Швидкість та точність процесу визначення осі симетрії сильно залежить від методу визначення ключових точок зображення. Найбільш відомими методами визначення ключових точок є: SIFT, KAZE, AKAZE, SURF, ORB та BRISK.

Масштабовано-інваріантна трансформація ознак (SIFT) – це метод визначення ключових точок, який був запропонований Д. Лоу в 2004 році, який базується на алгоритмі різниці по Гаусу (Difference-of-Gaussians) [2].

Цей метод складається з таких кроків:

1. Пошук екстремумів масштабованого простору, отриманих за допомогою розмиття зображень по Гаусу.
2. Локалізація ключових точок.
3. Інтерполяція суміжних даних для підвищення точності визначення положень точок.
4. Відкидання точок з низьким контрастом.
5. Вилучення впливу ребер для підвищення стабільності.
6. Присвоєння орієнтації.
7. Формування дескрипторів ключових точок.

Метод SIFT є дуже стійким до повороту, масштабування та незначних афінних перетворень зображення, але потребує значних обчислювальних витрат.

Метод прискорених стійких ознак (Speeded Up Robust Features, SURF) був запропонований Г. Беєм в 2008 році як модифікація методу SIFT [3].

SURF використовує фільтри квадратної форми для апроксимації Гаусівського згладжування, в той час як SIFT використовує каскадні фільтри для виявлення незалежних від масштабу ключових точок, що потребує постійного обрахунку Гаусівської різниці для кожного з масштабованих зображень. Використання фільтрів квадратної форми дозволяє значно підвищити швидкість виконання, оскільки обрахунки виконуються тільки на кутах зображення, а не кожному пікселі.

Перевагою цього методу, порівняно з SIFT, є значно вища швидкодія, але є один недолік – нижча точність при незначних афінних перетвореннях.

Метод ознак KAZE – це метод пошуку та опису ознак, розроблений П. Алькантарілья, Е. Бартолі та Е. Девідсоном у 2012 році, який знаходиться у вільному доступі та має відкритий вихідний код [4]. Він використовує

нелінійний простір масштабування через нелінійне дифузійне фільтрування, що робить розмиття зображень локально адаптивним для ключових точок, в результаті чого зменшується кількість шумів на границях досліджуваного зображення. KAZE детектор базується на масштабовано-нормалізованому детермінанті матриці Гессе, яка обраховується на декількох рівнях масштабування зображення.

Цей метод не зазнає впливу повороту та масштабування зображення та є більш точним для зображень різного масштабу, але має низьку швидкодію.

Метод AKAZE є модифікацією методу KAZE за допомогою нового фреймворку Fast Explicit Diffusion (FED), який дозволив значно підвищити його швидкодію у порівнянні з KAZE [4].

Метод ORB (Oriented FAST and Rotated BRIEF) є поєднанням методу виявлення ознак FAST (Features from Accelerated Segment Test) та нормалізованого методу опису BRIEF (Binary Robust Independent Elementary Features), який був представлений І. Ріблі в 2011 році [5].

Цей метод складається з таких кроків:

1. Виконується пошук ключових точок за допомогою деревовидного FAST алгоритму на базовому зображенні та декількох зображеннях з піраміди зменшених зображень.

2. Обраховується міра Харріса для отриманих точок. Точки, для яких отримане значення є низьким, відкидаються.

3. Обраховується кут орієнтації ключової точки.

Для цього, виконується обрахунок моментів яскравості навколо ключової точки за формулою

$$m_{pq} = \sum_{x,y} x^p y^q I(x, y),$$
$$m_{pq} = \sum_{x,y} x^p y^q I(x, y).$$

де  $x, y$  – піксельні координати,  $I$  – яскравість.

Після цього обчислюється кут орієнтації ключової точки за формулою

$$\theta = \text{atan2}(m_{01}, m_{10}).$$

$$\theta = \text{atan2}(m_{01}, m_{10}).$$

Отримане значення називають «центроїдом орієнтації», яке описує напрям для області навколо ключової точки.

4. Використовуючи отриманий кут орієнтації, виконується поворот послідовності точок для бінарних порівнянь в дескрипторі BRIEF згідно цього кута.

Нові координати точок обраховуються за формулою

$$\begin{pmatrix} x'_i \\ y'_i \end{pmatrix} = R(\theta) \star \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \end{pmatrix}.$$

$$\begin{pmatrix} x'_i \\ y'_i \end{pmatrix} = R(\theta) \star \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \end{pmatrix}.$$

5. По отриманим точкам обраховується бінарний дескриптор BRIEF.

Цей метод має високу швидкодію та точність і є інваріантним для масштабування та обертання.

Метод BRISK (Binary Robust Invariant Scalable Keypoints) був представлений С. Лейтенгером в 2011 році та використовує метод AGAST для пошуку кутів зображення та фільтрує їх за допомогою FAST Corner score методу для пошуку максимумів в піраміді масштабованих зображень [6]. Опис BRISK базується на визначенні напрямку кожної ключової точки для досягнення інваріантності афінних перетворень.

Для того, щоб обрати який метод визначення ключових точок доцільно використовувати для покращення методу Лоя, було прийнято рішення протестувати роботу цих алгоритмів на практиці.

Для тестування використовувався пакет прикладних програм MATLAB та бібліотека OpenCV, яка містить готову реалізацію розглянутих вище алгоритмів. Тестування проводилось з використанням 20 зображень різної якості та форматів, для кожного з яких виконувався пошук ключових точок за допомогою кожного алгоритму пошуку ключових точок (рис. 1).



Рисунок 1 – Результати обробки зображення усіма методами

Отримані результати порівняння методів представлено в таблиці.

*Таблиця*

**Середні значення результатів роботи методів пошуку ключових точок**

Алгоритм	Кількість знайдених точок	Тривалість роботи, с
SIFT	3424.9	0.2665
SURF	4143.1	0.1847
KAZE	1586.5	0.2820
AKAZE	1743.2	0.0994
ORB	9754.3	0.0393
BRISK	6375.8	0.1695

Аналіз отриманих результатів показав, що для підвищення ефективності методу Лоя для визначення осі симетрії обличчя людини, доцільно замінити метод SIFT на ORB, так, як він знаходить найбільшу кількість ключових точок за найменший проміжок часу серед розглянутих методів, що дозволить значно підвищити його точність та швидкодію.

### Список використаної літератури

1. Романюк О. Н., Пивовар М. А., Перун І. В., Чехместрук Р. Ю., Аналіз алгоритмів пошуку осі дзеркальної симетрії обличчя людини, на *Всеукр. наук.-техн. конференції «Комп'ютерні технології: інновації, проблеми, рішення»*, м. Житомир, 2019.
2. Scale-invariant feature transform – Wikipedia. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Scale-invariant\\_feature\\_transform](https://en.wikipedia.org/wiki/Scale-invariant_feature_transform) (Last accessed: 18.09.2019).
3. Bay H. et al., Speeded-up robust features (SURF). *Computer Vision and Image Understanding*, vol. 110, no. 3, 2008. pp. 346-359.

4. Alcantarilla P. F. et al. KAZE features. *European Conference on Computer Vision*, Berlin, ECCV. 2012. pp. 214-227.

5. Детекторы и дескрипторы особых точек FAST, BRIEF, ORB. URL: <https://habr.com/ru/post/414459> (дата звернения: 1.10.2019).

6. Leutenegger S. et al. BRISK: Binary robust invariant scalable keypoints. *IEEE International Conference on Computer Vision*, Barcelona, ICCV, 2011. pp. 2548-2555.