

КВАНТУВАННЯ ОЗНАК У МЕТОДАХ КЛАСИФІКАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ

Щербак Д.Д.

email: daria.shcherbak@nure.ua

Науковий керівник – д.т.н., проф., Гороховатський В.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ
м. Харків, Україна

The study explores methods for analyzing image keypoints using the BRISK detector and quantizing them with the k-medoids algorithm. The 500 most significant descriptors were selected for each of the five images, and the reference set of descriptors was clustered to obtain a compact feature representation. This approach reduces data redundancy and enhances the robustness of feature extraction. The resulting feature distribution vectors can be used for classification, object similarity search, and other computer vision tasks, improving the efficiency of image analysis in large datasets.

Обробка зображень та комп'ютерний зір є важливими напрямками сучасних досліджень, що знаходять застосування у розпізнаванні об'єктів, доповненій реальності, біометричній ідентифікації та інших сферах [1, 2]. Одним із етапів аналізу зображень є виділення ключових точок, які дають можливість знаходити характерні особливості об'єктів та ідентифікувати їх у різних умовах освітлення, масштабу та перспективи [3].

У даній роботі застосовано метод BRISK (Binary Robust Invariant Scalable Keypoints) для виділення ключових точок. BRISK є ефективним методом, що забезпечує високу швидкодію та стійкість до афінних перетворень [4, 5].

Для дослідження було обрано п'ять зображень, на яких методом BRISK було виділено ключові точки. Оскільки їхня кількість може бути надмірною для аналізу, ми відібрали по 500 найбільш значущих точок з кожного зображення. Відбір здійснювався на основі параметра *response*, який характеризує контрастність та стійкість точки до шуму. Чим вище значення *response*, тим важливішою є ключова точка, оскільки вона містить більше корисної інформації.

На рис. 1 наведено зображення, де червоним кольором позначено 500 відібраних ключових точок BRISK.



Рисунок 1 – Виявлені ключові точки на зображеннях

Наступним етапом обробки є квантування ознак, що дозволяє структурувати отримані дані. Один із підходів до цього – кластеризація ключових точок методом k -медоїдів, який групує їх у представницькі кластери.

Квантування ознак – це процес проєктування множини векторів на новий квантований простір, отриманий шляхом кластеризації або інших методів, таких як мережі Кохонена чи хешування. У такій моделі кожен вектор ототожнюється з центром свого кластера, а сформовані множини даних не перетинаються, утворюючи розбиття простору ознак.

Для квантування ознак використано метод k -медоїдів, який дозволяє знаходити репрезентативні точки (медоїди) серед дескрипторів, зменшуючи вплив шуму. Кожен дескриптор проєктується на найближчий медоїд за критерієм мінімальної відстані Геммінга, що можна виразити так:

$$R(v) = \arg \arg (z_v, m_i)$$

де $R(v)$ – номер кластера, до якого віднесено дескриптор z_v ; z_v – дескриптор ключової точки зображення; k – загальна кількість кластерів (медоїдів); m_i – центр (медоїд) i -го кластера; $\rho(z_v, m_i)$ – функція відстані (у даному випадку метрика Геммінга), що вимірює схожість дескриптора z_v з медоїдом m_i .

Такий підхід дозволяє отримати компактне представлення ознак, що буде використано на наступних етапах аналізу.

На рис. 2 зображено центр першого кластера, який є одним із визначених медоїдів.

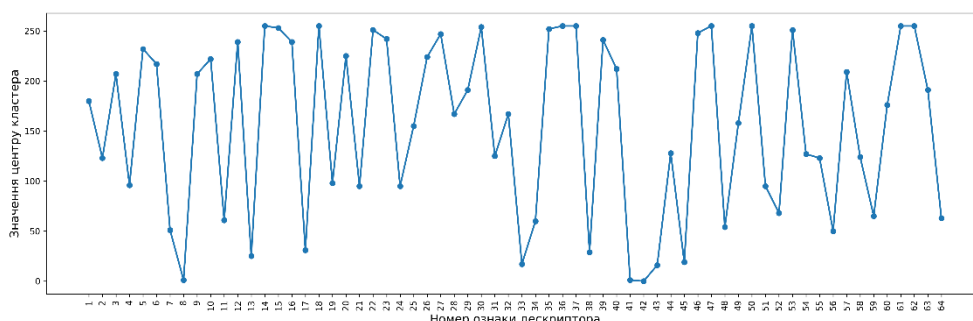


Рисунок 2 – Центр першого кластера (медоїд)

Після кластеризації кожне зображення можна представити у вигляді вектора розподілу ознак. Він містить кількість дескрипторів, що належать до кожного з кластерів. Для кожного зображення будується вектор

$$F = (f_1, f_2, \dots, f_k)$$

де f_i – число дескрипторів, віднесених до i -го кластера.

Процес проєктування дескрипторів на кластери здійснюється таким чином: для кожного дескриптора обчислюються відстані до всіх медоїдів, після чого він додається до найближчого кластера. У результаті формується вектор F , що містить розподіл ознак зображення у просторі кластерів.

Отримані вектори розподілу ознак для кожного зображення наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Вектори розподілу ознак для зображень

	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	f_7	f_8	f_9	f_{10}
Z_1	47	69	43	105	19	31	103	15	41	27
Z_2	27	59	77	96	13	47	98	11	54	18
Z_3	42	58	28	143	25	85	69	9	20	21
Z_4	43	99	37	101	23	58	62	14	34	29
Z_5	34	58	32	107	18	75	77	59	24	16

У результаті проведеного квантування і аналізу було сформовано компактне представлення ознак для множини дескрипторів ключових точок зображень. Використання цього підходу дозволило зменшити обсяг даних, усунути вплив шуму та структурувати ознаки у вигляді векторів розподілу. Отримані вектори можуть бути використані для подальшого аналізу, зокрема для класифікації зображень, пошуку схожих об'єктів або інших завдань комп'ютерного зору.

Пропонований метод є результативним для задачі класифікації, оскільки дозволяє зберегти репрезентативність модифікованого опису, скорочуючи при цьому розмірність простору ознак.

Список використаних джерел:

1. Daradkeh, Y.I., Gorokhovatskyi, V., Tvoroshenko, I., Gadetska, S., and AlDhaifallah, M. (2023) Statistical data analysis models for determining the relevance of structural image descriptions, *IEEE Access*, 11, 126938-126949.
2. Gadetska, S.V., Gorokhovatskyi, V. O., Stiahlyk, N. I., Vlasenko, N.V. Statistical data analysis tools in image classification methods based on the description as a set of binary descriptors of key points. *Radio Electronics, Computer Science, Control*, 2021, №4, pp. 58-68.
3. Gorokhovatskyi, V., Vlasenko, N. (2021). Редукція опису зображення у складі множини дескрипторів на основі метричного критерію інформативності. *Advanced Information Systems*, 5(4), pp. 10-16.
4. Daradkeh Y.I., Gorokhovatskyi V., Tvoroshenko I., and Zeghid M. (2024) Improving the effectiveness of image classification structural methods by compressing the description according to the information content criterion, *Computers, Materials & Continua*, vol. 80, no. 2, pp. 3085-3106.
5. Gorokhovatskyi V., Tvoroshenko I., Yakovleva O., Hudáková M., and Gorokhovatskyi O. (2024) Application a committee of Kohonen neural networks to training of image classifier based on description of descriptors set, *IEEE Access*, vol. 12, pp. 73376-73385.