

В. О. Гороховатський, А. А. Васильченко, К. П. Манько, Р. П. Пономаренко

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ МОДИФІКАЦІЙ МЕТОДУ ВСТАНОВЛЕННЯ РЕЛЕВАНТНОСТІ ЗОБРАЖЕНЬ ОБ'ЄКТІВ ЗА ОПИСАМИ У ВИГЛЯДІ МНОЖИНИ ДЕСКРИПТОРІВ КЛЮЧОВИХ ТОЧОК

Предметом досліджень статті є моделі для встановлення ступеня релевантності зображень у просторі дескрипторів ключових точок зображень для реалізації структурних методів розпізнавання зорових образів у системах комп'ютерного зору. **Метою** є проведення експериментального дослідження ефективних за параметром швидкодії модифікацій способів встановлення подібності описів у просторі дескрипторів ключових точок на підставі апарату аналізу бітових даних. **Завдання:** розроблення математичних та програмних моделей оброблення даних при обчисленні подібності структурних описів, вивчення властивостей та особливостей застосування цих моделей, оцінювання ефективності за результатами оброблення конкретних зображень. Застосовуваними **методами** є: детектор BRISK для формування дескрипторів ключових точок, інтелектуальний аналіз даних, метод кластеризації к-середніх, методи побітового оброблення та підрахунку частоти входження даних, теорія хешування бітових даних, програмне моделювання. Отримані такі **результати**. Методи класифікації зображень з використанням подібності описів у просторі дескрипторів ключових точок отримують подальший розвиток та застосування на підставі впровадження апарату аналізу бітових даних. Кластерне подання описів не тільки скорочує час оброблення, але й показує чутливість модифікації методу до незначних особливостей зображення і його можливість широкого застосування у системах комп'ютерного зору. Хешування опису без втрати даних суттєво прискорює (у експерименті у сотні разів) процес обчислення ступеня релевантності описів. Вибрана хеш-функція може впливати на результат і сприяти покращенню рівня розрізнення зображень. Побудова узагальненого опису у вигляді спільного дескриптора значно скорочує час обчислень, при цьому виникає потреба у попередньому обробленні опису з метою формування скороченого опису із списку значущих дескрипторів. **Висновки.** Наукова новизна дослідження полягає в удосконаленні методу структурного розпізнавання зображень на основі опису як множини дескрипторів ключових точок шляхом застосування апарату кластеризації, виявлення узагальнених властивостей та хешування даних для визначення модифікованих мір релевантності аналізованих та еталонних описів. Практична значущість роботи – досягнення суттєвого рівня підвищення швидкодії обчислення релевантності зображень, підтвердження результативності запропонованих модифікацій на прикладах зображень, отримання прикладних програмних моделей для дослідження та впровадження методів класифікації у системах комп'ютерного зору.

Ключові слова: структурні методи розпізнавання зображень, детектор BRISK, кластеризація у просторі дескрипторів, узагальнений дескриптор, хешування, релевантність описів, голосування, метрика Хемінга, швидкодія визначення релевантності.

Вступ

Структурні методи розпізнавання зображень на підставі формування опису об'єктів у вигляді множини ключових точок (КТ) набули застосування завдяки таким практично важливим властивостям, як інваріантність отриманого опису до геометричних перетворень об'єктів, можливість прийняття рішення за неповним описом, стійкість до завад та ін. [1-5]. Основні проблеми впровадження цих методів у системах комп'ютерного зору пов'язані з вдалим вибором типу дескриптора КТ, встановлення необхідної для успішного розпізнавання кількості КТ у описах, поданні опису у стисненому вигляді задля скорочення обчислювальних затрат, пов'язаних з процедурами визначення релевантності для множин КТ, що описують зображення об'єктів.

Останнього часу набули популярності такі детектори КТ, як BRISK [1, 5], так як вони подають дескриптор КТ у виді бінарного вектору ознак, що сприяє можливості застосування обговорюваних методів у мобільних пристроях. Бінарний образ дескриптора КТ не тільки спрощує та прискорює

обчислення, але й досить ґрунтовно відображає властивості фрагментів зображення, що в подальшому сприяє якісному розпізнаванню.

Напрямки сучасних досліджень, що в цілому сприяють підвищенню ефективності структурних методів, пов'язані зокрема з такими задачами, як подання множини дескрипторів у кластерному виді, формуванні «спільного дескриптора» на підставі множини дескрипторів КТ усього зображення, застосуванні хешування у просторі дескрипторів [2, 3, 6].

Метою статті є проведення експериментального дослідження модифікацій методу класифікації зображень з використанням подібності описів у просторі дескрипторів ключових точок на підставі апарату аналізу бітових даних.

Задачами дослідження є розроблення математичних та програмних моделей оброблення даних при обчисленні подібності структурних описів, вивчення властивостей та особливостей застосування цих моделей з урахуванням значень їх параметрів, оцінювання результативності за результатами оброблення конкретних зображень.

Опис пропозованих модифікацій при здійсненні зіставлення описів

Під ключовою точкою розуміємо бінарний вектор $b = (b_1, b_2, \dots, b_n)$, $b_i \in \{0, 1\}$, причому для детектора BRISK значення $n = 512$. Структурний опис зображення візуального об'єкта – це скінченна множина $B \in \{b, b \in B^n\}$, де B^n – множина всіх бінарних векторів розмірності n . У складі опису B можливе співпадання значень окремих елементів.

Традиційний метод для обчислення релевантності двох описів O_1, O_2 зводиться до підрахунку числа r «еквівалентних» елементів одного з описів, що вважається еталоном, у складі іншого опису

$$r = \text{card}\{x_1 \in O_1 \mid x_1 \sim x_2, x_2 \in O_2\}. \quad (1)$$

Еквівалентність $x_1 \sim x_2$ в (1) трактується як

$$x_1 \sim x_2 : \rho(x_1, x_2) \leq \delta, \quad (2)$$

де ρ – деяка метрика у просторі B^n , δ – поріг для значення метрики, в межах якого елементи x_1, x_2 вважаються еквівалентними.

Як правило, прийняття рішення ґрунтується на нормованому значенні r , де параметром нормування є чисельність $m_1 = \text{card}\{O_1\}$ елементів етальної множини O_1 . Для дескрипторів КТ з простору B^n у виразі (2) можна використати нескладну для обчислень метрику Хемінга. Більш проблематичні за обсягом обчислень підходи пов'язані з визначенням мір подібності чи відстані у просторі описів як множин КТ [3]. Перспективною ідеєю задля суттєвого скорочення об'єму обчислень є кластерне подання [3], тому структурний опис подається у вигляді

$$h[O] = (h_1, h_2, \dots, h_k),$$

де k – число сформованих кластерів, h_i – число елементів опису, що віднесені у процесі кластеризації до кластеру з номером k . Як правило, квантування здійснюють в межах розпізнаваної бази зображень, тобто на фіксованій множині етальних описів. У результаті такої трансформації опис представляється вектором, при визначенні релевантності описів обчислюється подібність векторів h (а не множин O векторів). Як показують експерименти, час розпізнавання практично зі збереженням якості навіть для невеликого числа етальнів (5-10) скорочується в десятки разів [3, 7]. Параметрами такої модифікації є вибраний метод кластеризації, кількість кластерів, значення порогу для встановлення еквівалентності дескрипторів та ін.

Узагальнення кластерного квантування простору дескрипторів КТ приводить до думки на основі опису еталона як множини векторів побудувати узагальнений дескриптор $d[O] = (d_1, \dots, d_n)$, $d \in B^n$, що відображає властивості всієї множини O [4]. Задача побудови дескриптора $d[Z^j]$ для еталону Z^j класу j реалізується шляхом відображення

$D: Z^j \rightarrow d[Z^j]$, результатом якого є вектор $d \in B^n$. Відображення D трансформує множину векторів у вектор, що належить B^n .

Побудова спільного дескриптора націлена не тільки на скорочення обсягу обчислювальних витрат, стільки на узагальнення і концентрування важливої для класифікації інформації про розпізнавані об'єкти в аспекті побудови ефективного класифікаційного правила. Результат являє собою деякий узагальнений «центр» етального опису. Важливою властивістю узагальненого дескриптора є вимога його незалежності від порядку слідування дескрипторів у описові, так як це гарантує інваріантність його значень відносно групи геометричних перетворень, до яких інваріантні дескриптори [4].

Одним із найпривабливіших механізмів для побудови спільного дескриптора є апарат аналізу бітових даних. Наприклад, спільний дескриптор d можна побудувати шляхом інтелектуального аналізу та узагальнення значень груп відповідних бітів для кожного з елементів опису. Результуючий дескриптор d при цьому може бути складено з комбінацій бітів, що найчастіше зустрічаються у множині елементів $x \in O$, тобто мають найбільшу підтримку.

Оброблення за аналізом значень бітів або байтів формує значимі властивості сукупності елементів опису, а послідовне об'єднання їх у новий вектор зберігає вихідну структуру даних і їх уніфікацію. Більш детальний аналіз зводиться до побітового [1].

Дієвим засобом підвищення швидкодії оброблення об'ємних масивів багатовимірних даних є апарат хешування. Суть хешування полягає в тому, що потенційно нескінченне число оброблюваних елементів представляється у вигляді скінченної множини їх класів. Як правило, його застосовують для задач пошуку, сортування [8,9]. Практика показує, що ефективним є також використання хеш-функцій і при зіставленні масивів даних, в тому числі і для множин дескрипторів КТ [6]. Зважаючи на те, що дескриптори BRISK є бінарними, для визначення хеш-функцій можна застосувати аналіз значень комбінацій бітів.

Нехай b – задане число класів для хешування, а $g(x)$, $x \in B^n$ – хеш-функція $g(x) \in [0, \dots, b-1]$, що задана на інтервалі значень цілих чисел. Результатом оброблення опису O буде хеш-таблиця, тобто масив із b списків, що містять групи дескрипторів із фіксованими значеннями $g(x)$. Результативність такого подання для прикладної задачі безпосередньо залежить від виду вибраної хеш-функції, кількості b класів, а також безпосередньо від оброблюваних даних. Один із поширених видів хеш-функцій є значення кількості одиничних бітів у бінарному коді.

Порівняння двох хеш-таблиць з метою отримання ступеня їх релевантності – це окреме важливе завдання. Воно може бути реалізоване у нашій постановці як відстань у цілочисельному векторному просторі між векторами, що містять кількості елементів даних з фіксованим значенням $g(x)$. Інший

спосіб полягає у реалізації підрахунку кількості елементів із однієї хеш-таблиці, що входять у склад другої. У будь-якому випадку хешування забезпечує суттєве скорочення обсягу обчислень за рахунок спеціальної організації пам'яті [6].

Результати експериментів

Нами проведено програмне моделювання досліджуваних модифікацій методів мовою C# у середовищі Visual Studio 2017 з використанням засобів бібліотеки Open CV [10].

Оцінювання результативності застосування кластерного апарату відбувалось на прикладі задачі ідентифікації людських облич, зокрема, з метою виявлення ступеня схожості фотографій близнюків та родичів. На рис. 1, а, б наведено приклади досліджуваних об'єктів за зображеннями розміром 250x260. Експерименти проводилися з числом кластерів $k=2, 3, 5$. Приклад координат виділених детектором BRISK КТ представлено на рис. 1, в. Кількість встановлених КТ для зображень рис. 1 дорівнювала 160, для зображень рис. 1, б – 115.



Рис. 1. Зображення: а – близнюків; б – матері та доньки; в – з координатами КТ

Кластеризація в межах бази із двох зображень виконана методом к-середніх. Особливістю є бінарний вид множини дескрипторів. Модифікація методу кластеризації зводилась до того, що на кожному кроці новий центроїд кластера формується так: у поточній множині елементів кожного кластера побітово рахується кількість 0 та 1, якщо кількість 1 більше, то біт центроїда встановлюється рівним 1, навпаки – 0.

Особливістю результатів кластеризації для обох типів зображень є зосередження їх кластерних подань фактично у 2-х кластерах. Для рис. 1, а пропорції числа КТ склали приблизно 90-60, а для рис. 1, б – 93-22 незалежно від числа кластерів. Така практична ситуація, як правило, сприяє кращому розрізненню об'єктів. Значення манхеттенської відстані, за якою визначено релевантність для векторних подань двох зображень рис. 1 при $k=5$ має значення 7, а для рис. 2 – значення 12. Зважаючи, що максимальне значення відстані тут складає 160, а мінімальне – 0, можна зробити незаперечний висновок про достатню адекватність використання кластерної моделі в задачі зіставлення описів таких об'єктів. Загалом відстань для близнюків в ряді інших експериментів була меншою за відстань для матері та доньки для всіх значень k . В той же час відстань у кластерному поданні між представниками зображень рис. 1, а, б перевищує значення 130. Це підкреслює чутливість методу до незначних особливостей зображення і його можливість широкого застосування у системах комп'ютерного зору.

Аналіз комп'ютерних витрат часу на обчислення значення релевантності за кластерним поданням у порівнянні з традиційним методом голосування КТ шляхом підрахунку числа еквівалентних дескрипторів для зображень рис. 1, а, б показав вигреш у 2,5 рази. Вигреш пропорційно зростає зі збільшенням кількості КТ та числа еталонів у задачі класифікації.

Для моделювання процедури зіставлення описів із застосуванням хешування використано зображення тварин (бегемот) розміром 530x270, кількість КТ детектора BRISK склала величину 960. Здійснено поворот зображення на 15 градусів, обчислена релевантність вхідного та оберненого зображень шляхом голосування значень дескрипторів КТ, а також визначення манхеттенської відстані між побудованими хеш-таблицями. Хеш-функція при $b=512$ підраховувала число одиничних бітів. На рис. 2 представлено ненульовий відрізок хеш-таблиці вхідного зображення.

За результатом моделювання релевантність зображень традиційним голосуванням склала величину 0,77 (час – приблизно 27 сек), а шляхом обчислення нормованої відстані між хеш-таблицями – 0,21 (час – 0,033 сек).

Як бачимо, хеш-подання без втрати даних суттєво прискорює процес обчислення ступеня релевантності описів, не погіршуючи значення подібності. Час оброблення для даного прикладу скорочується у порівнянні з традиційним голосуванням приблизно 800 разів і залежить від кількості КТ в описі та від способу визначення релевантності хеш-таблиць.

Реалізація голосування для структури даних у вигляді хеш-таблиць для множин КТ показала, що у цьому випадку результат обчислення релевантності суттєво залежить від вибраної хеш-функції, а сама процедура повинна бути безпосередньо пов'язана з її виглядом.

Експериментальне визначення узагальненого дескриптора здійснювалося на зображеннях ікон (рис. 3) двома способами: побітове оброблення та оброблення за парами бітів із внесенням до узагальненого дескриптора значень, що найчастіше зустрічаються у фіксованому структурному описі.

Кількість КТ для зображень ікон 400x540 склала 1350 і скорочувалася в експерименті в цілях до-

слідження. Релевантність описів обчислювалась як відстань Хемінга між узагальненими дескрипторами та як нормоване число голосів еквівалентних значень дескрипторів КТ для двох різних описів.

Як показало наше моделювання, зі збільшенням числа КТ в описові з використанням вказаних способів побудови узагальненого дескриптора за критерієм частоти входження до опису відстань між узагальненими дескрипторами різних зображень зменшується, тобто ймовірність їх розрізнення дещо погіршується. Так, міра подібності за голосуванням для двох різних ікон склала 0,12 (максимум 1,0), в той час як нормована до числа точок еталону відстань Хемінга для їх узагальнених дескрипторів склала 0,068 (мінімум 0). Але уже для скороченого випадковим чином опису із 50 КТ ця відстань зростає до 0,32. Цей факт можна пояснити зростанням ступеня різноманіття даних всередині опису, що для вибраного виду оброблення призводить до деякого «розмазування» образу у просторі, зменшення рівня індивідуальності його подання та до збільшення рівня перетину образів різних зображень. Для досягнення достатнього ступеня розрізненості образів тут можна рекомендувати попереднє оброблення опису для включення в його склад тільки найбільш значущих для даного зображення дескрипторів. Для конкретних зображень в експерименті при вказаному способі побудови узагальненого дескриптора рекомендується використовувати 50-70 КТ. Час обчислень для модифікованого методу у порівнянні з голосуванням зменшився приблизно у 10 разів. Для методу попарного аналізу бітів відстань у просторі узагальнених дескрипторів приблизно вдвічі менша, що потребує ще більшого зменшення опису для досягнення чіткого розрізнення за цим способом.

Висновки

Методи класифікації зображень з використанням подібності описів у просторі дескрипторів ключових точок отримують подальший розвиток та застосування на підставі впровадження апарату

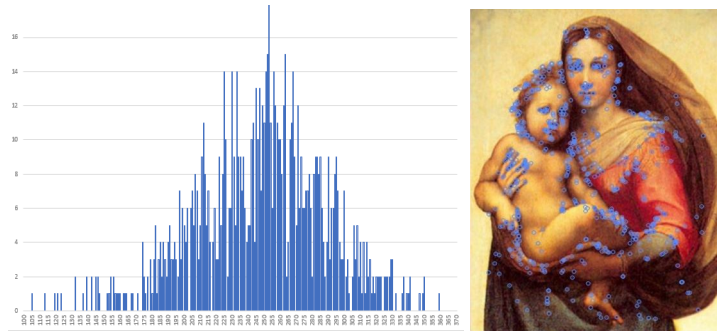


Рис. 2. Ненульова частина хеш-таблиці зображення та зображення ікони «Сікстинська мадонна» з координатами КТ

аналізу бітових даних. Кластерне подання описів не тільки скорочує час оброблення, але й показує чутливість модифікації методу до незначних особливостей зображення і його можливість широкого застосування у комп'ютерному зорі. Хешування опису без втрати даних суттєво (у експерименті у сотні разів) прискорює процес обчислення ступеня релевантності описів. Вибрана хеш-функція може впливати на результат і сприяти покращенню розрізнення зображень. Побудова узагальненого опису у вигляді спільного дескриптора значно (у десятки разів) скорочує час обчислень, при цьому виникає потреба у попередньому обробленні опису з метою формування скороченого опису із значущих для таких зображень дескрипторів.

Наукова новизна дослідження полягає в удосконаленні методу структурного розпізнавання зображень на основі опису як множини дескрипторів ключових точок шляхом застосування апарату кластеризації, виявлення узагальнених властивостей та хешування даних для визначення модифікованих мір релевантності аналізованих та еталонних описів.

Практична значущість роботи – досягнення суттєвого рівня підвищення швидкодії обчислення релевантності, підтвердження результативності запропонованих модифікацій на прикладах зображень, отримання прикладних програмних моделей для дослідження та впровадження методів класифікації в системах комп'ютерного зору.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гороховатський В.О. Аналіз властивостей, характеристик та результатів застосування новітніх детекторів для визначення особливих точок зображення / В.О. Гороховатський, Д.В. Пупченко, К.Г. Солодченко // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2018. – №1 (47). – С. 93–98.
2. Szeliski R. Computer Vision: Algorithms and Applications / R. Szeliski. – London: Springer, 2010. – 979 p.
3. Gorokhovatskiy V.A. Image Classification Methods in the Space of Descriptors in the Form of a Set of the Key Point Descriptors / V.A. Gorokhovatskiy // Telecommunications and Radio Engineering. – 2018, 77 (9), pp. 787-797.
4. Гороховатський В.О. Застосування апарату аналізу та оброблення бітових даних у методах класифікації зображень за множиною ключових точок / В.О. Гороховатський, К. Г. Солодченко // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2018. – №2 (48). – С. 63–67.
5. Stefan Leutenegger, Margarita Chli, Roland Y. Siegwart. BRISK: Binary Robust Invariant Scalable Keypoints. – Computer Vision (ICCV), pp. 2548 – 2555, 2011.
6. Gorokhovatskiy V.A. Hashing of Structural Descriptions at Building of the Class Image Descriptor, Computing of Relevance and Classification of the Visual Objects / V.A. Gorokhovatskiy, A.V. Gorokhovatskiy, & Ye.O. Peredrii // Telecommunications and Radio Engineering. – 2018, Vol. 77 (13), pp. 1159–1168.
7. Gorokhovatskiy V. Quantization of the Space of Structural Image Features as a Way to Increase Recognition Performance / Gorokhovatskiy Volodymyr, Putyatin Yevgeniy, Gorokhovatskiy Oleksii, Peredrii Olena // The Second IEEE International Conference on DataStream Mining & Processing 21-25 August 2018, Lviv, Ukraine. – pp. 464 – 467.
8. Алгоритмы: построение и анализ. Издание 2-е / Т. Кормен, Ч. Лейзерсон, Р. Ривест, К. Штайн. – М.: ИД Вильямс, 2005. – 1296 с.
9. Ruban I. Segmentation of the images obtained from onboard optoelectronic surveillance systems by the evolution-ary method

/ I. Ruban, H. Khudov, V. Khudov, I. Khizhnyak, O. Makoveichuk // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2017. –№ 5/9 (89). –P. 49–57.
10. OpenCV Open Source Computer Vision. [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.opencv.org/master/index.html>.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Є. П. Путятін,
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків
Received (Надійшла) 11.07.2018
Accepted for publication (Прийнята до друку) 29.09.2018

Исследование модификаций метода установления релевантности изображений объектов с описаниями в виде множества дескрипторов ключевых точек

В. А. Гороховатский, А. А. Васильченко, К. П. Манько, Р. П. Пономаренко

Предметом исследований в статье являются модели для установления степени релевантности между изображениями в пространстве дескрипторов ключевых точек изображений для реализации структурных методов распознавания зрительных образов в системах компьютерного зрения. **Целью** является проведение экспериментального исследования эффективных по параметру быстродействия модификаций способов установления сходства описаний в пространстве дескрипторов на основании аппарата анализа битовых данных. **Задачи:** разработка математических и программных моделей обработки данных при вычислении сходства структурных описаний, изучение свойств и особенностей применения этих моделей, оценка эффективности по результатам обработки конкретных изображений. Используемыми **методами** являются: детектор BRISK формирования дескрипторов ключевых точек, интеллектуальный анализ данных, метод кластеризации k-средних, методы побитовой обработки и подсчета частоты вхождения данных, теория хеширования битовых данных, программное моделирование. Получены следующие **результаты**. Методы классификации изображений с использованием сходства описаний в пространстве дескрипторов ключевых точек получают дальнейшее развитие и применение на основании внедрения аппарата анализа битовых данных. Кластерное представление описаний не только сокращает время обработки, но и доказывает чувствительность модификации метода к незначительным особенностям изображения и его возможность широкого применения в системах компьютерного зрения. Хеширование описания без существенной потери данных ускоряет (в эксперименте в сотни раз) процесс вычисления степени релевантности описаний. Выбранная хэш-функция может влиять на результат и способствовать улучшению уровня различия изображений. Построение обобщенного описания в виде общего дескриптора значительно сокращает время вычислений, при этом возникает потребность в предыдущей обработке описания с целью формирования сокращенного описания из списка значимых дескрипторов. **Выводы.** Научная новизна исследования заключается в совершенствовании метода структурного распознавания изображений на основе описания множества дескрипторов ключевых точек путем применения аппарата кластеризации, выявления обобщенных свойств и хеширования данных для определения модифицированных мер релевантности анализируемых и эталонных описаний. Практическая значимость работы – достижение существенного уровня повышения быстродействия вычисления релевантности изображений, подтверждение результативности предложенных модификаций на примерах изображений, получение прикладных программных моделей для исследования и внедрения методов классификации в системах компьютерного зрения.

Ключевые слова: структурные методы распознавания изображений, детектор BRISK, кластеризация в пространстве дескрипторов, обобщенный дескриптор, хеширование, релевантность описаний, голосование, метрика Хемминга, быстродействие определения релевантности.

Investigation of the relevance image objects estimation method modifications with descriptions in the form of keypoints features set

V. Gorokhovatskyi, A. Vasylchenko, K. Manko, R. Ponomarenko

The subject of the paper is the models for estimation of the relevance degree between images in the space of key points descriptors for the implementation of visual images structural recognition methods in computer vision systems. **The goal** is the experimental modeling of methods modifications implementations effective in terms of performance for estimation of keypoint descriptors similarity based on the bit data analysis approach. **The tasks** include the development of mathematical and software data processing models for calculation of the structural descriptions similarity, the investigation of the properties and application features of these models, the effectiveness evaluation according to specific images processing results. **The methods** are to be used: BRISK detector for forming of key point descriptors, data mining, k-means clustering method, methods of bitwise processing and data entry frequency calculation, the theory of bit data hashing, experimental modeling. Following **results** are obtained. Image classification methods based on the similarity of key point descriptors are improved and applied using the implementation of the bit data analysis approach. The cluster descriptions representation allows not only to reduce the processing time but also to show the sensitivity of method modification to insignificant image feature and its ability to be widely used in computer vision systems. Hashing the description without losing data is significantly (hundreds of times during modeling) accelerates the process of descriptions relevancy degree calculation. The selected hash function can influence the result and help to increase the level of image distinguishing. The construction of the general description in a form of a common descriptor significantly reduces the computing time, because of which the requirement of a prior description processing in order to form a shortened description from the list of valuable descriptors occurs. **Conclusions.** The contribution of the paper is to improve the structural image recognition method based on the description as a set of key point features using clustering approach, the identification of generalized properties and data hashing to determine the modified relevance measures of the analyzed and etalon descriptions. The practical significance of the paper is the achievement of a significant increase of image relevance calculation speed, confirmation of the effectiveness of proposed modifications on sample images, obtaining of an application software models for research and implementation of classification methods in computer vision systems.

Keywords: structural image recognition methods, BRISK detector, clustering in descriptor space, generalized descriptor, hashing, relevancy of descriptions, voting, Hamming metric, speed of relevancy determination.