

DEVELOPMENT, EDUCATION, CULTURE: INTEGRATION TRENDS IN THE MODERN WORLD

Proceedings of the XIV International Scientific and Practical Conference

Oslo, Norway
April 11 – 14, 2023

121.	Ісакова Г., Голофєєва М. ДО ПИТАННЯ РОЗРОБКИ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТУ ЯКОСТІ	528
122.	Жайлаубай А.М., Жайлаубаева А.М., Мамадиева Қ.Х., Әбдуахит М.Қ. ЗЕРТХАНАЛЫҚ ПРАКТИКУМ АҚПАРАТТЫҚ- КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР КУРСТАРЫНДА ҚЫЗМЕТ РЕТІНДЕ	531
123.	Жайлаубай А.М., Жайлаубаева А.М., Мамадиева Қ.Х., Әбдуахит М.Қ. АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ЖҮЙЕНІҢ АҚПАРАТТЫҚ ҚАУІПСІЗДІГІНЕ ТӨНЕТІН ҚАТЕРЛЕРДІ, АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ЖҮЙЕНІҢ ОСАЛДЫҚТАРЫН ЖӘНЕ ҚОРҒАУ ТӘСІЛДЕРІН ТАЛДАУ	536
124.	Максименко О.П., Нікулін О.В., Приймак А.Б., Павлюк Р.Д. МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ЗМІНИ УМОВ ТЕРТЯ НА ПРОЦЕС ПРОКАТУВАННЯ У ДРОТЯНОМУ БЛОЦІ	541
125.	Оченашко М. ВИКОРИСТАННЯ ВАГОВИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ДЛЯ ДЕСКРИПТОРІВ ЗОБРАЖЕННЯ У ЗАДАЧІ КЛАСИФІКАЦІЇ	544
126.	Папченко В.Ю., Матвєєва Т.В. ДОСЛІДЖЕННЯ ЩОДО ОЦІНКИ ЯКОСТІ ОЛІЇ ВИСОКООЛЕЇНОВОГО СОНЯШНИКУ	549
127.	Пиріг Я., Оксак С., Азаров В. ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ОЦІНЮВАННЯ ЗЧЕПЛЮВАНОСТІ БІТУМНИХ В'ЯЖУЧИХ	553
128.	Сиротенко А.Л., Зінченко С.М. ПЕРЕВАГИ ВИРОБНИЦТВА ХОЛОДНОДЕФОРМОВАНИХ ТРУБ ЗІ СПЛАВІВ ТИТАНУ ТА НЕРЖАВІЮЧИХ СТАЛЕЙ НА СТАНАХ ХПТ ІЗ ЧОТИРЬОХВАЛКОВОЇ КЛІТТЮ	558
129.	Сова О.Я., Шишацький А.В., Троцько О.О., Шкнай О.В., Шабанова-Кушнаренко Л.В. МОДЕЛЬ ОЦІНКИ СТАНУ СИСТЕМ РАДІОЗВ'ЯЗКУ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ В УМОВАХ КОМПЛЕКСНОГО ВПЛИВУ ДЕСТАБІЛІЗУЮЧИХ ФАКТОРІВ	563

ВИКОРИСТАННЯ ВАГОВИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ДЛЯ ДЕСКРИПТОРІВ ЗОБРАЖЕННЯ У ЗАДАЧІ КЛАСИФІКАЦІЇ

Оченашко Максим,

аспірант

Харківський національний університет радіоелектроніки

Класифікація зображень є ключовою задачею комп'ютерного зору і має практичне застосування у медичній візуалізації, дистанційному зондуванні, автономній навігації тощо [1-9]. Нагальною є розробка методів класифікації, які використовують моделі функції статистичної значущості для призначення вагових коефіцієнтів дескрипторам зображень [4, 10-12].

У структурних методах використовують дескриптори ключових точок як характеристики об'єкта для визначення його класу на основі оцінок для множини дескрипторів. Важливою особливістю дескриптора є інваріантність до геометричних перетворень візуальних об'єктів [13-15].

Визначимо множину дескрипторів бази зображень як $D = \{D^j\}_{j=1}^J$, де D^j – опис еталону, а J – число класів. Зазначимо, що $D \subseteq B^n$, де B^n – простір бінарних векторів розмірності n . Додатково позначимо кількість елементів у описі еталону D^j як $s(j) = \text{card } D^j$. Кількість J еталонів визначає число класів, що підлягають розпізнаванню.

Визначимо центр опису – бінарний вектор, що обчислюється для множини D^j . ORB-дескриптори мають бінарний вид [16, 17], для кожного еталона D^j можна визначити бінарний вектор d_j його центру [9, 13]

$$d_j(a) = \begin{cases} 1, & f(D^j, a) \geq s(j)/2 \\ 0, & f(D^j, a) < s(j)/2 \end{cases} \quad (1)$$

де $d_j(a)$ – значення біту за індексом a для центра опису d_j , а діапазон значень a для ORB-дескриптору $a = 1, \dots, 256$. Функція $f(D^j, a)$ визначає число одиничних бітів з індексом a у множині дескрипторів еталону D^j .

Функцію $f(D^j, a)$ можна обчислити додаванням бітів:

$$f(D^j, a) = \sum_{d=1}^{s(j)} x_d(a), x_d \in D^j, \quad (2)$$

де $x_d(a)$ – біт за індексом a для дескриптора з номером d .

Для оцінки ступеню впливу дескриптора можна ввести ваговий коефіцієнт, що відображає класифікаційну значимість, відносну важливість у порівнянні з іншими ознаками складу опису [9, 11, 12].

Можна використовувати ваговий коефіцієнт для кожного окремого біту центру опису d_j . Для цього визначимо нормований вектор $\lambda = \{\lambda_i\}_{i=1}^n$:

$$\lambda_i(D^j) = \frac{1}{s(j)} \sum_{d=1}^{s(j)} x_d(i), \lambda_i \in [0,1], \quad (3)$$

де i – номер біту у описі D^j .

Спираючись на те, що значимість 0 та 1 у бінарному векторі природно однакова, визначимо w_i для усіх бітів центру опису як

$$w_i(D^j) = \begin{cases} \lambda_i, & d_j(i) = 1 \\ 1 - \lambda_i, & d_j(i) = 0 \end{cases} \quad (4)$$

Таким чином, для кожного i -того біту центру опису $d_j(i)$ розраховується ваговий коефіцієнт w_i , який визначає значущість біта, та його близькість до 0 (1) на множині дескрипторів усього опису. Модель (4) дозволяє визначити більш значущі біти, які частіше зустрічаються у множині дескрипторів, та менш значущі – які зустрічаються рідко [18-21].

Застосуємо отримані значення векторів вагових коефіцієнтів центрів у моделі класифікації. Обчислимо відстань між дескриптором вхідного зображення та центром еталону. Для нецілих даних (4) застосуємо евклідову відстань, для бінарних – відстань Хемінга. У процесі класифікації врахуємо зважену відповідність дескриптора до кожного із центрів [18-21]. Тепер класифікація буде базуватися не тільки на підрахунку числа голосів дескрипторів, а на інтегруванні вагових коефіцієнтів [14, 18, 25, 27].

Розглянемо способи побудови такого класифікатора.

1. Для випадку бінарного зіставлення обчислимо відповідність як суму тих ваг w_i , де біти дескриптора та центру відрізняються:

$$\rho(b, d_j, w) = \sum_{i=1}^n \begin{cases} 0, & b(i) = d_j(i) \\ w_i, & b(i) \neq d_j(i) \end{cases}, \quad (5)$$

де b – бінарний вектор об'єкту, $b \in B^n$. Відповідність (5) має сенс зваженої метрики Хемінга, так як це значення наближається до 0 зі зростанням числа однакових бітів.

2. Застосування ваг λ_i вектора λ при обчисленні манхеттенської метрики між аналізованим бінарним дескриптором та вектором λ :

$$\sigma(b, d_j, \lambda) = \sum_{i=1}^n |\lambda_i - b(i)|. \quad (6)$$

У цих способах окремо для кожного дескриптора визначається клас,

а потім приймається узагальнене рішення для об'єкту за максимальним числом голосів серед усіх еталонів [6, 9, 13, 18]. Усі відповідності (5), (6) мають обмежений і контрольований інтервал значень. Це дає змогу контролювати чи використовувати їх величини у класифікаторі.

3. Нехай кожний із дескрипторів еталонів має свій коефіцієнт значущості α_k з інтервалу $[0, 1]$, k – це позиція дескриптору у еталоні у описі D . Значення α_k відображає важливість конкретного дескриптора для класифікації у заданій базі даних [14, 15, 26]. Для еталону D^j визначаємо його інтегрований коефіцієнт значущості γ_j , обчислюючи максимум серед $\{\alpha_k\}$ як $\gamma_j = \max \{\alpha_1, \dots, \alpha_{s(j)}\}$. Зрозуміло, що тут можна було б використати інші моделі отримання γ_j , наприклад, як медіану чи середнє [14, 20, 24].

Спочатку визначимо належність дескриптора до класу за способами 1 або 2. Тепер у процесі класифікації використаємо коефіцієнт значущості γ_j визначеного еталону шляхом накопичування значень ваг за множиною дескрипторів аналізованого об'єкту. Отримаємо суми вагових коефіцієнтів для кожного із еталонів як

$$\theta_j(\gamma) = \sum_{k=1}^s \gamma_k, \quad (7)$$

За результатом (7) визначимо клас m об'єкту як

$$m = \operatorname{argmax} \{\theta_1, \dots, \theta_J\}.$$

Проведене комп'ютерне моделювання для бази із трьох еталонів із використанням детектору ORB показало, що розглянуті методи (5)-(7) успішно здійснюють класифікацію на навчальній вибірці. У експерименті були використані вагові коефіцієнти як для окремих бітів центру опису, так і для кожного із дескрипторів у еталоні. Експериментальна точність для множини дескрипторів суттєво не зменшилась у порівнянні із способом традиційного голосування. Наші експерименти підтвердили, що результативність обговорюваних процедур аналізу даних у значній мірі залежить від способу формування і кількості центрів у описах еталонів.

Список джерел

1. Оченашко М. О. Класифікація зображень із впровадженням моделей функції значущості для структурних ознак // Current challenges, trends and transformations. Proc. of the XII Int. Scientific and Practical Conference. Boston, USA. 2022. pp. 641-645, doi: 10.46299/ISG.2022.2.12.
2. Tymchyshyn R., Volkov O., Gospodarchuk O., Bogachuk Yu. Modern Approaches to Computer Vision. Control systems and computers. 2018. № 6. P. 46-73.
3. Гороховатский В.А. Структурный анализ и интеллектуальная обработка данных в компьютерном зрении: монография, Комп. СМИТ, 2014. – 316с.

4. Гороховатський, В.О., Гадецька, С.В. Статистичне оброблення та аналіз даних у структурних методах класифікації зображень (монографія), Харків, ФОП Панов А.Н., 2020, 128 с.
5. Гороховатский, В.А., Пуятин, Е.П., Столяров В.С. Исследование результативности структурных методов классификации изображений с применением кластерной модели данных. Радиоэлектроника, информатика, управление.–2017. – №3 (42). – С. 78–85.
6. Гороховатский В.А., Передрий Е.О. (2009) Корреляционные методы распознавания изображений путем голосования систем фрагментов. Радиоэлектроника, информатика, управління, №1 (20), с.74–81.
7. Gorokhovatskyi V.A., Zamula A.A. (2016) Employment of Intelligent Technologies in Multiparametric Control Systems. Telecommunications and Radio Engineering. Vol. 75, No 19, p. 1775–1785.
8. Gorokhovatskyi, V., Stiahlyk, N., Tsarevska, V. (2021). Combination method of accelerated metric data search in image classification problems. Advanced Information Systems, 5 (3), pp. 5–12.
9. Гороховатський В.О., Гадецька С.В., Стяглик Н.І., Власенко Н.В. (2020) Класифікація зображень на підставі ансамблю статистичних розподілів за класами еталонів для компонентів структурного опису. Радиоэлектроника, информатика, управління, №4, с. 85–94.
10. Гороховатський, В.О., Творошенко, І.С., Чмутов, Ю.В. Застосування систем ортогональних функцій для формування простору ознак у методах класифікації зображень. Сучасні інформаційні системи, 2022, т. 6, №3, с. 5–12.
11. Гороховатський В.О., Творошенко І.С. Аналіз багатовимірних даних за описом у формі множини компонент, моногр., Харків, ХНУРЕ, 2022, 124с.
12. Gorokhovatskyi V., Gadetska S., Ponomarenko R. (2020) Recognition of Visual Objects Based on Statistical Distributions for Blocks of Structural Description of Image. Proc. of the XV Int. Scientific Conference “Intellectual Systems of Decision Making and Problems of Computational Intelligence” (ISDMCI2019), Ukraine, May 21–25, 2019, pp. 501-512.
13. Daradkeh, Y.I., Gorokhovatskyi, V., Tvoroshenko, I., Zeghid, M. Tools for Fast Metric Data Search in Structural Methods for Image Classification, *IEEE Access*, 2022, 10, pp. 124738-124746.
14. Gorokhovatskyi, V., Peredrii, O., Tvoroshenko, I., Markov, T. Матриця відстаней для множини компонентів структурного опису як інструмент для створення класифікатора зображень. Advanced Information Systems, 2023, 7 (1), 5–13.
15. 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.

16. Yakovleva O., and Nikolaieva K. (2020) Research of descriptor based image normalization and comparative analysis of SURF, SIFT, BRISK, ORB, KAZE, AKAZE descriptors. *Advanced Information Systems*, 4 (4), pp. 89-101.
17. Rublee E., Rabaud V., Konolige K., and Bradski G. (2011) ORB: an efficient alternative to SIFT or SURF. In *Proceedings IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*, pp. 2564-2571.
18. Gadetska S., Gorokhovatskyi V., Stiahlyk N., Vlasenko N. (2022) Aggregate Parametric Representation of Image Structural Description in Statistical Classification Methods. In *CEUR Workshop Proceedings: Computer Modeling and Intelligent Systems (CMIS-2022)*, 3137, pp. 68-77.
19. Gorokhovatskyi, O., Peredrii, O., Gorokhovatskyi, V., Vlasenko, N. (2023) Explanation of CNN Image Classifiers with Hiding Parts. In: J. Benois-Pineau, R. Bourqui, D. Petkovic, G. Quenot (eds), *Explainable Deep Learning Artificial Intelligence*, pp. 125-146, Academic Press, 346 p.
20. Gorokhovatskiy, V.A. Compression of Descriptions in the Structural Image Recognition. *Telecommunications and Radio Engineering*. – 2011, Vol. 70, No 15. – P. 1363–1371.
21. 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.
22. Gorokhovatsky, V.O. and Gadetska, S.V. (2019) Determination of Relevance of Visual Object Images by Application of Statistical Analysis of Regarding Fragment Representation of their Descriptions, *Telecommunications and Radio Engineering*, 78 (3), pp. 211–220.
23. Gorokhovatskyi V.A. (2018) Image Classification Methods in the Space of Descriptions in the Form of a Set of the Key Point Descriptors. *Telecommunications and Radio Engineering*, 77 (9), pp. 787-797.
24. Гороховатський В.О., Пупченко Д.В., Солодченко К.Г. (2018) Аналіз властивостей, характеристик та результатів застосування новітніх детекторів для визначення особливих точок зображення. *Системи управління, навігації та зв'язку*. С. 93–98.
25. Гороховатский, В.А., Путятин, Е.П. Структурное распознавание изображений на основе моделей голосования признаков характерных точек. *Реєстрація, зберігання і обробка даних*.–2008.–Т.10. – №4.– С.75–85.
26. Gorokhovatskyi V., Gadetska S., Stiahlyk N. (2020) Image structural classification technologies based on statistical analysis of descriptions in the form of bit descriptor set. In *CEUR Workshop Proceedings: Computer Modeling and Intelligent Systems (CMIS-2020)*. 2608. pp. 1027-1039.
27. Kuchuk, H., Podorozhniak, A., Liubchenko, N., and Onishchenko, D. (2021) System of license plate recognition considering large camera shooting angles, *Radioelectronic and Computer Systems*, 4(100), 82 –91.