

УДК 004.93'14

Р. А. Мельник, Ю. І. Каличак

ПОШУК ОБРАЗІВ ЗА СИЛУЕТАМИ ЯСКРАВОСТІ ЗОБРАЖЕНЬ

An approach to find different types of a pattern brightness silhouettes which then are being replaced by polynomial coefficients of approximation functions is considered. Coefficients and silhouette diagrams of visual patterns were tested as image features for searching them in the databases.

Key words: *visual pattern, brightness, silhouette, search.*

Для зменшення часових затрат пошуку зображень у базах даних великих розмірів запропоновано підхід, що базується на визначенні силуетів яскравості зображень різних типів: фронтального та бічного для двох видів яскравості. Подальше прискорення пошуку відбувається внаслідок заміни кривих силуетів поліноміальними функціями чебишовського типу. Як приклади практичних даних використані зображення із відомих баз образів.

Ключові слова: *образ, яскравість, силует, пошук.*

Індексування є важливим інструментом у системах знаходження зображень за їх вмістом. Швидкість та точність пошуку є головними критеріями якості ознак образів, що використовуються в цих системах. Адекватність ознак, їх розмірність та складність обчислення є предметом дослідження багатьох авторів.

Гістограма зображення є одним з найпростіших за обчисленням способом індексування [1, 2], однак вона не містить просторових ознак, даючи в результаті пошуку семантично далекі образи. Група методів базується на знаходженні опису форми [3, 4], який є корисний для класифікації зображень за формою, але вимагає знаходження значного числа параметрів. Для індексування використовуються структурні ознаки [5, 6], базовані на співвідношенні “ребро-структура”, виділених з карти ребер. Методи характеризуються високою складністю алгоритму та описів об’єктів. Велика група методів в своїй основі мають дискретне косинусне чи вейвлетове перетворення [7, 8], коефіцієнти яких приймаються як індекси зображень. Ці алгоритми доволі громіздкі і вимагають відносно великих часових затрат. Системи пошуку за регіонами використовують локальні властивості регіонів (ідеальних об’єктів) як протилежність глобальним властивостям повного зображення. Прикладом такої системи є SIMPLcity [9]. Інші приклади семантичної класифікації зображень містять знаходження обличчя [10, 11].

Робота присвячена дослідженню алгоритму пошуку зображень на основі доволі простої характеристики, а саме: силуету яскравості образу або його апроксимації. Типи силуетів можуть бути різноманітними, в тому числі інваріантними до обертання образу. Образ можна характеризувати різними типами силуету, в тому числі відстанню до його піків. Дослідження підтвердили можливість використання силуетів та апроксимаційних поліномів для автоматизованого пошуку образів у базах даних.

Перетворення яскравості і отримання силуету. Для отримання силуету кольорове зображення перетворюється у відтінки сірого. Кожна елементарна клітинка, піксель, набуває значення від чорного до білого кольору, яке позначимо як b – яскравість. Діапазон всіх можливих значень яскравості міститься в межах $0 \div 255$.

Для перетворення використовуємо алгоритм BT709 з такими коефіцієнтами R, G, B :

$$R = 0,2125; \quad G = 0,7154; \quad B = 0,0721. \quad (1)$$

Значення яскравості пікселів обчислюється з рівняння відносного заповнення клітинки у відсотках від чорного кольору:

$$b = (256 - c_i) \times 100 / 256, \quad (2)$$

або у відсотках від білого кольору:

$$b = c_i \times 100 / 256, \quad (3)$$

де c_i ($i = 1, 2, 3$) – значення компоненти R (G або B) сірого кольору пікселя.

На рис. 1. показано тестове зображення. На цьому ж рисунку представлені яскравості зображення у тривимірному просторі. Яскравість порахована за формулою (3).

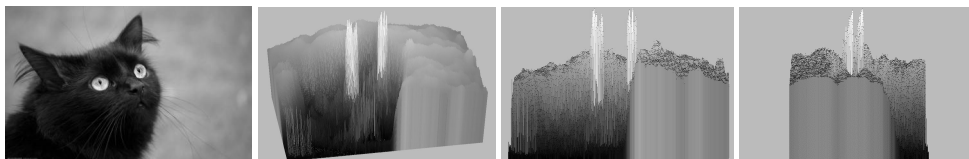


Рис. 1. Образ, його просторове, фронтальне та бічне зображення яскравості.

Для фронтального силуету $S_f(x)$ та бічного силуету $S_l(y)$ реалізуємо такі вирази:

$$S_f(x) = \max_{y \in Y} B(x, y) \quad x \in X, \quad S_l(y) = \max_{x \in X} B(x, y) \quad y \in Y, \quad (4)$$

де X, Y – множини координат зображення; $B(x, y)$ – яскравість пікселя.

Для тестового образу приклади фронтального та бічного силуетів продемонстровані на рис. 2.

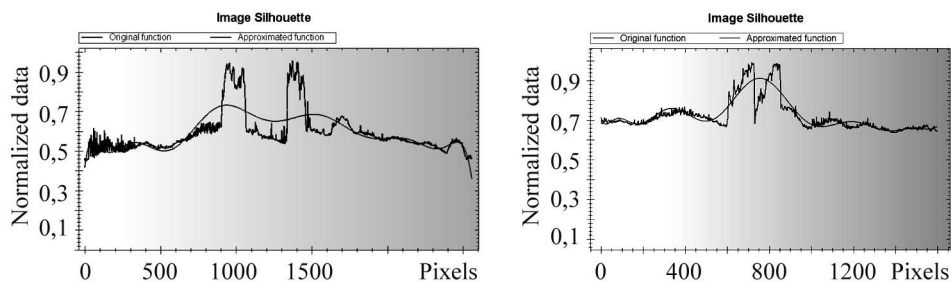


Рис. 2. Фронтальний та бічний силуети та їх апроксимації.

Замінивши рівняння (3) для обчислення яскравості на рівняння (2), ми отримуємо інверсне представлення (рис. 3) тестового образу.

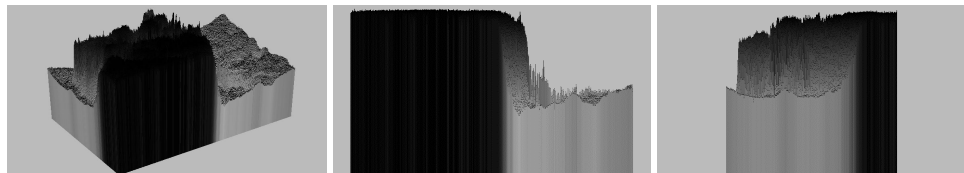


Рис. 3. Тривимірні зображення за інверсною яскравістю.

Для тестового образу криві фронтального та бічного силуетів для інверсної яскравості продемонстровані на рис. 4.

Отже, чотири графічні діаграми можна прийняти як грубі ознаки для пошуку зображення. Для того, щоб зменшити розмірність даних для пошуку, пропонуємо графіки силуетів апроксимувати простішими функціями, зокрема, поліноміальними функціями.

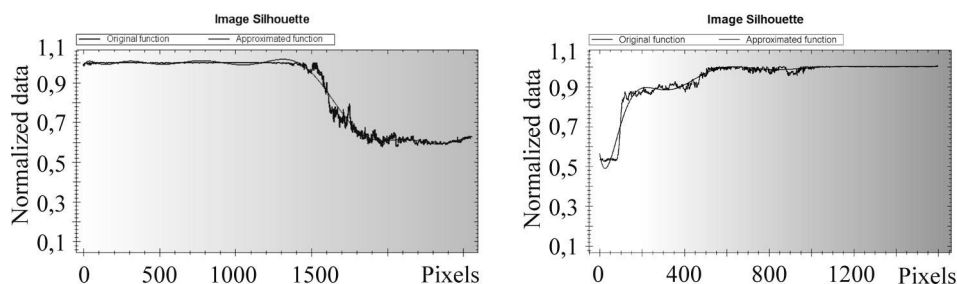


Рис. 4. Інверсні силуети та їх апроксимації.

Апроксимація силуетів. Криві силуетів зображення апроксимуюємо поліноміальною функцією вигляду:

$$P(\bar{A}, \omega) = A_0 + A_1\omega + \dots + A_m\omega^m, \quad (5)$$

або

$$P_m(\bar{a}, \omega) = a_0\varphi_0(\omega) + a_1\varphi_1(\omega) + \dots + a_m\varphi_m(\omega), \quad (6)$$

де $\varphi_0(\omega), \dots, \varphi_m\varphi_m(\omega)$ – ортогональні функції.

Для визначення степеня полінома у роботі взято до уваги максимальні абсолютні та квадратичні похибки апроксимації та час обчислення коефіцієнтів поліномів. На рис. 5 наведено типові графіки залежності похибок та часу апроксимації від степеня полінома для зображень із тестового набору бази даних Ванга [13] (рис. 5а) та зображень великого розміру (рис. 5б).

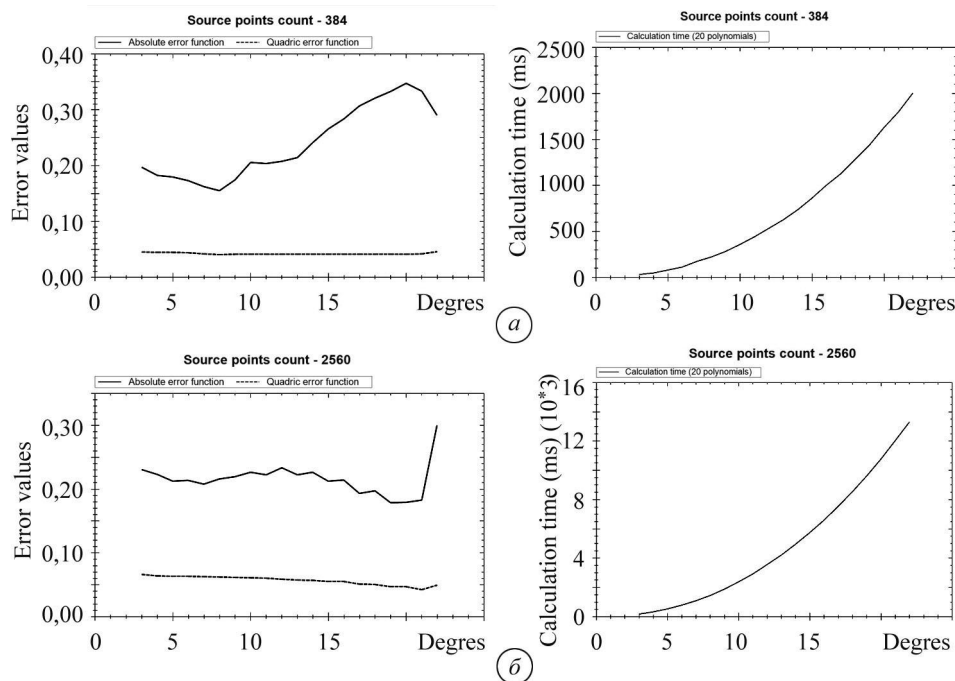


Рис. 5. Залежність похибок та часу апроксимації від степеня полінома.

Графіки силуетів образів та апроксимованих функцій шостого степеня подані на рис. 2, 4. Для вибору найкращого значення степеня многочленів алгоритм передбачає поступове збільшення та контроль похибки апроксимації.

Пошук зображень за силуетами. У роботі представлено тестування алгоритму пошуку зображень за фронтальними силуетами яскравості образів, що

здійснювалось у базі даних зображень Ванга (1000 елементів, розбитих на 10 категорій) [13]. Пошук проводився за кривими силуетів з використанням всіх пікселів рядка зображення, а також за коефіцієнтами апроксимуючих поліномів. Апроксимацію зображень проводили многочленами шостого степеня. Приклад зображень та їх ключів (коефіцієнтів поліномів) наведено на рис. 6.



A_0	0,26615	0,76455	-6,72113E-15
A_1	0,00334	0,00656	0,00976
A_2	-0,00016	-0,00011	-0,00013
A_3	2,04446E-06	1,01569E-06	8,69406E-07
A_4	-1,10557E-08	-4,28688E-09	-2,80730E-09
A_5	2,65329E-11	8,65551E-12	4,44251E-12
A_6	-2,34530E-14	-6,72113E-15	-2,72950E-15

Рис. 6. Приклади образів та їх ключів (поліноміальних коефіцієнтів).

Відхилення %	Пошук по кривій			Пошук за поліном шостого степеня			Типове зображення	Типова крива яскравості
	Час, мс	Кількість	Із категорії	Час, мс	Кількість	Із категорії		
5	78	1	1	48	1	1		
10	78	1	1	62	4	1		
15	78	1	1	62	7	1		
20	78	1	1	62	9	2		
5	78	1	1	78	1	1		
10	109	224	14	62	1	1		
15	156	762	82	62	8	2		
20	140	841	99	31	16	3		
5	78	1	1	62	1	1		
10	109	224	14	46	3	3		
15	156	762	82	46	8	4		
20	187	835	100	78	17	5		
5	78	1	1	62	1	1		
10	78	1	1	62	1	1		
15	78	6	1	62	1	1		
20	93	50	5	62	1	1		
5	62	1	1	62	1	1		
10	62	1	1	62	1	1		
15	78	3	1	62	1	1		
20	46	17	2	62	1	1		
5	78	9	4	62	1	1		
10	93	220	39	62	3	1		
15	140	686	89	62	16	2		
20	171	856	95	31	30	3		

Рис. 7. Приклади пошуку образів за силуетами.

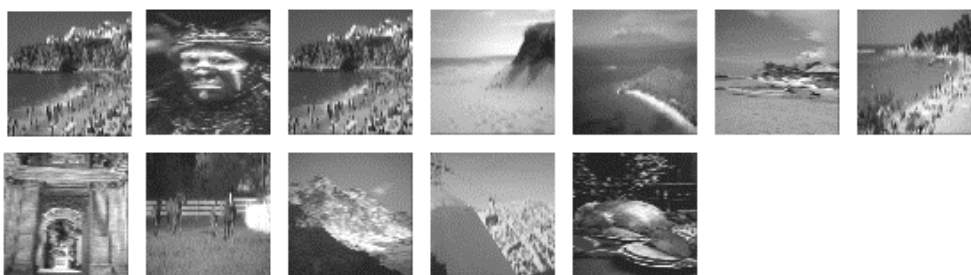
Критерієм пошуку використано відносне середньоквадратичне та модульне відхилення шуканого зразка від наявних в базі даних екземплярів. Для кривих силуетів та їх апроксимуючих функцій вирази для похибки тотожні.

На рис. 7 наведені приклади образів, фронтальних силуетів та результати пошуку за силуетами та поліноміальними коефіцієнтами функцій шостого степеня.

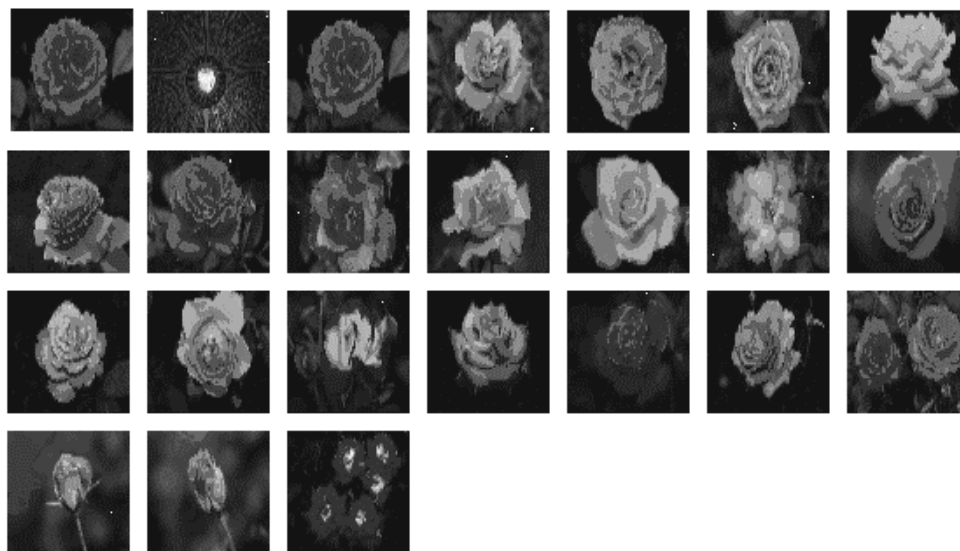
Інтерпретація результатів тестування свідчить про такі властивості силуетів якрасовості: вони можуть бути ключем до грубого оцінювання наявності зображення в базі даних; час пошуку за коефіцієнтами поліномів у середньому вдвічі менший; кількість поданих зображень збільшується зі збільшенням похибки; в середньому для кривих силуетів кількість поданих зображень більша, ніж для коефіцієнтів; для простих силуетів кількість даних значно зростає, для коефіцієнтів їх ріст менший.

На рис. 8 наведено приклади роботи алгоритму пошуку, на яких перше зображення є образом-запитом, а решта знайдені як відповідь на запит. Пошук здійснювався за кривими силуетів, якщо похибка 13%. За коефіцієнтами поліномів в результаті пошуку, якщо похибка 5-15 відсотків, на виході були тільки шукані зображення.

Результати пошуку залежать від виду силуету: для виразного силуету, характерного для групи образів, ця група формується алгоритмом як відповідь (приклад на рис. 7б); якщо силует не має виразної форми, відповідь містить образи різних категорій. Зменшення похибки пошуку приводить до знаходження бажаних образів.



a



б

Рис. 8. Приклади результатів пошуку.

Додатково для уточнення результатів у процесі пошуку можна використовувати інші критерії. Зокрема, у процесі тестування пошуку використовували фільтрацію отриманих зображень за відстанями до піків силуетів від нижнього краю зображення. Для зображень різного розміру дані масштабуються. Уточнення відбувається на основі отриманих у попередньому пошуку зображень. На рис. 9 наведено схему роботи такого пошуку.

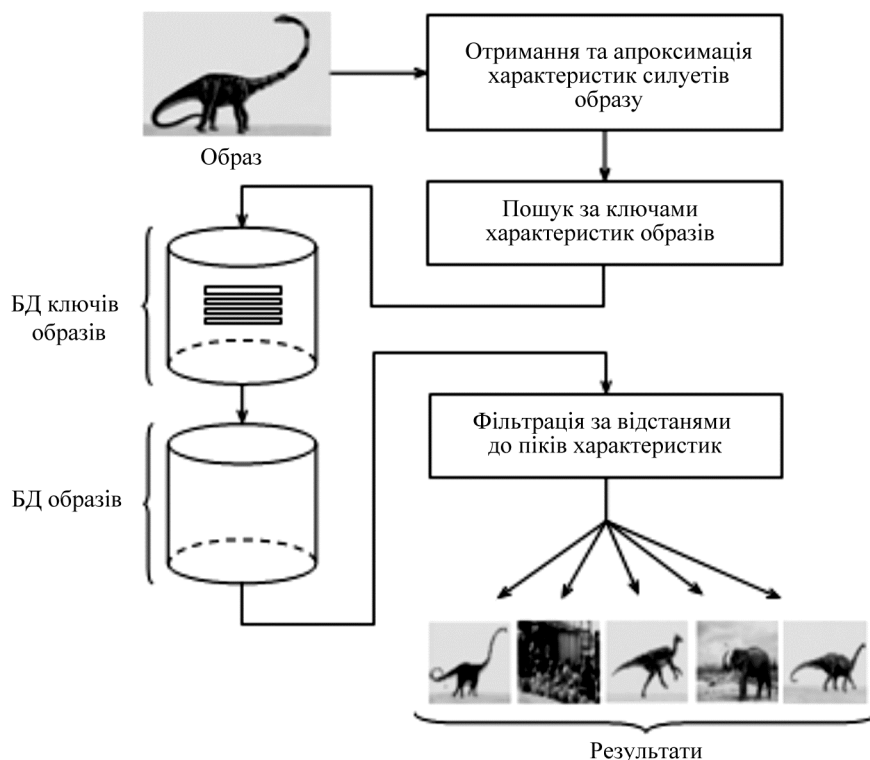


Рис. 9. Схема процесу пошуку образів.

ВИСНОВКИ

Запропоновано з тривимірних тонових зображень яскравості виділяти характеристики силуетів як фронтальну та бічну проекції. Додатковими ознаками приймаються силуети для інверсної яскравості. Криві силуетів є ключами для пошуку образів у базах графічних зображень. Для зменшення кількості операцій порівняння в алгоритмах пошуку запропоновано криві силуетів апроксимувати чебишевськими поліномами. Порівняно з методом пошуку зображень за структурними коефіцієнтами [13] у запропонованому методі час знаходження ключів образів зменшено в 3–5 разів.

1. Swain M. J., Ballard D. H. Color indexing // Int. J. Computer Vision. – 1991. – 7, № 1. – P. 11–32.
2. Nezamabadi-pour H., Kabir E. Image retrieval using histograms of unicolor and bicolor blocs and directional changes in intensity gradient // Pattern Recognition Letters. – 2004. – 25, № 14. – P. 1547–1557.
3. Mokhtarian F., Abbasi S. Shape similarity retrieval under affine transforms // Pattern Recognition. – 2002. – 35. – P. 31–41.
4. Jain A. K., Vailaya A. Image retrieval using color and shape // Ibid. – 1996. – 29, № 8. – P. 1233–1244.
5. Manjunath B. S., Ma W. Y. Texture feature for browsing and retrieval of image data // IEEE PAMI. – 1996. – 8, № 18. – P. 837–842.

6. Zhou X. S., Huang T. S. Edge-based structural features for content-based image retrieval // *Patt. Recog. Lett.* – 2001. – 22 (5). – P. 457–468.
7. *Content-based* image indexing and searching using Dau-bechies wavelets / J. Z. Wang, G. Wiederhold, O. Firschein, S. X. Wei // *Int. J. Digital Libraries.* – 1997. – **1**. – P. 311–338.
8. Hossein Nezamabadi-pour and Saeid Saryazdi Object-Based Image Indexing and Retrieval in DCT Domain using Clustering Techniques // *Proc. of world academy of science, engineering and technology.* – 2005. – **3**. – P. 98–102.
9. Smith J. R., Li C. S. Image classification and querying using composite region templates // Academic Press, *Computer Vision and Understanding.* – 1999. – **75**. – P. 165–174.
10. Wang J. Z., Li J., Wiederhold G. SIMPLcity: semantic sensitive integrated matching for picture libraries // *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence.* – 2001. – **23**, № 9. – P. 947–963.
11. Extraction of major object features using VQ clustering for content-based image retrieval / H. W. Yoo, S. H. Jung, D. H. Jang, Y. K. Na // *Pattern Recognition.* – 2002. – **35**. – P. 1115–1126.
12. База 1000 тестових зображень (Wang) <http://wang.ist.psu.edu/~jwang/test1.tar> (2009).
13. Мельник Р. А., Тушинський Р. Б. Індексування та пошук зображень за структурними коефіцієнтами // Пр. 9-ї Всеукр. міжнар. конф. “Оброблення сигналів і зображень та розпізнавання образів” (УкрОБРАЗ’2008). – К., 2008. – С. 143–146.

Національний університет “Львівська політехніка”

Одержано
10.02.2010