

Пошук образів за структурними ознаками зображень на основі “рентгеноскопії” яскравості

Мельник Р.А, Каличак Ю.І.

Кафедра програмного забезпечення
Національний університет «Львівська політехніка», Україна
ramelnyk@polynet.lviv.ua, maestrodirk@gmail.com

Abstract

An approach to determine structural integral and distributed image features on the basis of the "X-ray" algorithm is considered. Distributed features of intensity of segments are formed. The last are taken as pattern keys for searching them in databases

1. Вступ

Системи знаходження зображень за їх вмістом (Content-based image retrieval – CBIR) [1] працюють у два етапи: індексування та пошук. На етапі індексування кожний образ у базі даних представляється вектором властивостей. Існуючі універсальні системи CBIR відносять до однієї із трьох категорій залежно від підходу отримання властивостей образу: гістограма, кольорове розташування і пошук за регіонами. Такими властивостями, зокрема, є: колір [2 – 3], форма [4 – 5], структура [6] і розташування [7]. Отримані властивості зберігаються в окремій базі даних візуальних властивостей. На етапі пошуку обчислюються властивості із образу-запиту користувача. Використовуючи критерії подібності, отриманий вектор властивостей порівнюється з векторами у базі даних візуальних властивостей. Користувач у відповідь отримує образи, які максимально відповідають запиту.

Системи пошуку за регіонами використовують локальні властивості регіонів (ідеальних об'єктів) у протилежність глобальним властивостям повного зображення. Прикладом такої системи є SIMPLcity [8]. Якщо об'єкти в межах зображення сегментовані і кожна властивість об'єкта отримана автоматично, то такі особливості роблять можливу систему пошуку зображень за регіонами [9]. Представлення візуального образу адекватним числом кластерів (об'єкти у зображенні) може краще відобразити його вміст, однак цей підхід є часозалежним.

В роботі запропонована методика отримання структурних властивостей яскравості на основі проникаючого сканування її поверхні та формування коефіцієнтів для CBIR.

1. Перетворення яскравості та її сканування

Для отримання силуету кольорове зображення перетворюється у відтінки сірого. Кожна елементарна клітинка, піксель, приймає значення від чорного до білого кольору, яке позначимо як b – яскравість. Діапазон всіх

можливих значень інтенсивності знаходиться в межах $0 \div 255$.

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

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

Значення інтенсивності 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 інтенсивності зображення у тривимірному просторі. Іntenсивність порахована за формулою (3).

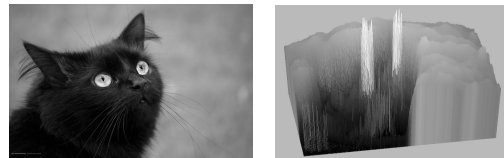


Рис. 1: Образ і просторове зображення інтенсивності

Тривимірна інтенсивність є хорошим матеріалом для знаходження в ній багатьох інших ознак образів, зокрема, пов'язаних зі структурою самої поверхні інтенсивності. Для цього до тривимірного зображення інтенсивності застосуємо алгоритм “рентгеноскопії”: проникаючого сканування фронтального (за координатою x) чи бічного

(за координатою y) зображення інтенсивності променем, який проходить крізь інтенсивність образу зі сторони перегляду до протилежної сторони. На своєму шляху промінь матиме два типи відрізків: R_L – під поверхнею інтенсивності (включно з границею), тобто під “пагорбом” та R_U – над поверхнею інтенсивності, тобто над “впадиною”.

Для фронтального шляху променя від однієї сторони зображення до протилежної обчислюємо суму довжин відрізків під поверхнею інтенсивності для значення інтенсивності точки входу та виходу променя:

$$R_L(B_p, x) = \sum_{y \in Y} R_{L_i}(B_p(x, y)),$$

(4)

де $R_{L_i}(B_p(x, y))$ – i -ий суцільний відрізок променя, що проходить під однією суцільною поверхнею інтенсивності на рівні $B_p(x, y)$.

Результат проникаючого сканування образу представимо зображенням B_{sp} , поставивши у відповідність кожному значенню $R_L(B_p, x)$ або $R_L(B_p, y)$ інтенсивність пікселя способом нормалізації отриманих шляхів на відрізок 0-255 без врахування рівня інтенсивності B_p основного образу:

$$B_{sp}(R_L(B_p, x)) = (255 / \max(d_x, d_y)) \cdot R_L(B_p, x),$$

(5)

де d_x, d_y – кількість пікселів основного образу за координатами x, y .

Наявність сум відрізків $R_L(B_p, x)$ або $R_L(B_p, y)$ дозволяє для кожного значення інтенсивності B_p основного образу знайти площу перерізу його інтенсивності як суму всіх довжин відрізків з координатою даного значення інтенсивності тобто

$$S(B_p) = \sum_{x \in X} R_L(B_p, x), \quad (6a)$$

$$S(B_p) = \sum_{y \in Y} R_L(B_p, y).$$

(6b)

Таким чином, отримуємо ознаки основного образу: $R_L(B_p, x)$, $R_L(B_p, y)$ – сума довжин відрізків на висоті інтенсивності B з координатою x чи y або $B_{sp}(R_L(B_p, x))$, $B_{sp}(R_L(B_p, y))$ – значення інтенсивності пікселя знімка з тими ж координатами та площа поперечного перерізу всіх “пагорбів” інтенсивності образу $S_L(B_p)$. Зауважимо, що площа поперечного перерізу формується з площ поперечного перерізу окремих “пагорбів”:

$$S_L(B_p) = \sum_{x \in X, y \in Y} S_{L_i}(B_p) \quad (7)$$

Відношення одиниці до зазначених площ та сум довжин відрізків слугують також як безрозмірні ознаки образу, інваріантні до розмірів образу.

Кількості відрізків для бічного та фронтального знімків є різними, а площі поперечного перерізу інтенсивності для певного рівня B_p є однаковими для різних знімків.

2. Розподілені характеристики знімка та образу

Для врахування просторових координат сегментуємо знімок і простір інтенсивності за ним. При цьому

виділяємо три способи сегментування: горизонтальними лініями – розподіл за яскравістю, вертикальними лініями – за координатою, горизонтальними та вертикальними лініями – за яскравістю та координатою (рис.2).

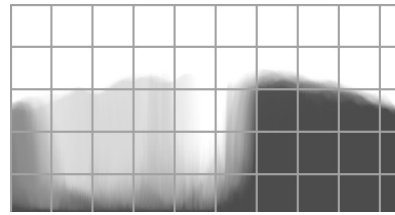


Рис. 2 Способи сегментування знімка і простору інтенсивності

Відповідно до способу сегментування знімка отримуємо розподіл сум довжин відрізків $R_L(B_p, x)$, і $R_L(B_p, y)$ або елементарних відрізків $R_{L_i}(B_p(x, y))$ в залежності від місця розташування:

за яскравістю –

$$K(R_L(B_p)) = \{K(R_L(B_{p1})), K(R_L(B_{p2})), \dots, K(R_L(B_{pn}))\},$$

$$B_{p_i} \in C_i(B_p), \quad (8)$$

де $C_i(B_p)$ – сегмент при діленні знімка за яскравістю;

за координатою –

$$K(R_L(x)) = \{K(R_L(x_1)), K(R_L(x_2)), \dots, K(R_L(x_m))\},$$

$$x \in C_i(X) \quad (9)$$

де $C_i(X)$ – сегмент при діленні знімка за координатою, n – кількість горизонтальних сегментів, m – кількість вертикальних сегментів;

Основною ознакою сегмента вважаємо об’єм інтенсивності образу в його межах. Він складається з усіх площ поперечного перерізу, які можна утворити в сегменті. Наведемо формулу для сегмента, утвореного поділом інтенсивності:

$$V_L(C_i(B_p)) = \sum_{B_p \in C_i(B_p)} S_{L_i}(B_p) \quad (10)$$

Для інших типів сегментів змінюються обмеження: замість інтенсивності площі обмежуються координатами або комбінаціями координат та інтенсивності.

Для оцінки ступеня структуризації зображення на основі горизонтальних сегментів введемо ряд параметрів, якими характеризуємо зображення з точки зору його структурних властивостей, зокрема верхній індекс позначає рівень сегмента. Для цього використовуємо об’єм простору інтенсивності:

1) структурні коефіцієнти ступеня трансформації інтенсивності образу між довільними i -им та j -им сегментами:

$$K_s^{ij} = V_i(B_p) / V_j(B_p) \quad (11)$$

де $V_i(B_p)$, $V_j(B_p)$ – об’єми “пагорбів” сегмента;

2) структурні коефіцієнти ступеня трансформації інтенсивності образу в межах сегмента на основі площі перерізу

$$K_s^i = S_i(B_p) / S_f(B_p), \quad (12)$$

де $S_1(B_p)$, $S_f(B_p)$ – площа кінцевого і початкового рівнів інтенсивності сегмента (найвищого і найнижчого).

2) структурні коефіцієнти ступеня трансформації між довільними і-им та j-им сегментами:

$$K_{ij}^s = M_s^i(S(B_p)) / M_s^j(S(B_p)), \quad (13)$$

3. Представлення структурних властивостей

Приклади образів у форматі JPEG із розмірами 256×384 пікселів, їх фронтальних та бічних знімків інтенсивності представлено на рис. 3.

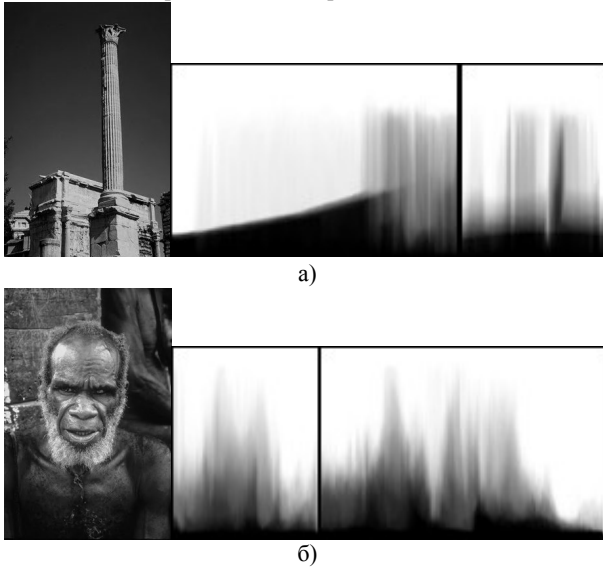


Рис. 3: Приклади образів та їх знімків

Таблиця 1: Об'єми сегментів та структурні відношення між ними для розподілу за яскравостями (N=6)

Об'єми сегментів		Відношення об'ємів сегментів				
Сегмент	Об'єм	2	3	4	5	6
Рис. 5а						
1	356	0,00233	0,00069	0,00049	0,00021	0,00009
2	152263	-	0,29551	0,21198	0,09233	0,04131
3	515255	0	-	0,71736	0,31247	0,13981
4	718259	0	0	-	0,43558	0,19489
5	1648958	0	0	0	-	0,44744
6	3685283	0	0	0	0	-
Рис. 5б						
1	11164	0,11931	0,03474	0,01275	0,00566	0,00333
2	93568	-	0,29118	0,10693	0,04747	0,02792
3	321334	0	-	0,36722	0,16303	0,09591
4	875023	0	0	-	0,44395	0,26117
5	1970957	0	0	0	-	0,58829
6	3350283	0	0	0	0	-

Таблиця 2: Об'єми сегментів для розподілу за координатою (N=7)

Образ	Об'єми сегментів						
	1	2	3	4	5	6	7
Рис. 5а	699791	663027	1046133	1084544	1291059	1082897	852923
Рис. 5б	849440	1004362	1303645	1193233	1013549	614340	643760

4. Процеси індексування та пошуку візуальних образів

Як ключ (вектор властивостей) візуального образу використано його структурні коефіцієнти, що визначаються як відношення об'ємів сегментів зображення. На рис. 3 і таблиці 1 наведено приклади візуальних образів та структурних коефіцієнтів відповідно.

Процес індексування полягає у послідовному отриманні структурних коефіцієнтів зображень як ключів та збереження їх в базі даних ключів образів. Відповідно до способу сегментування структурні коефіцієнти можуть характеризувати образ по-різному. Це дає можливість в подальшому виконувати комплексний пошук за декількома характеристиками для уточнення результатів.

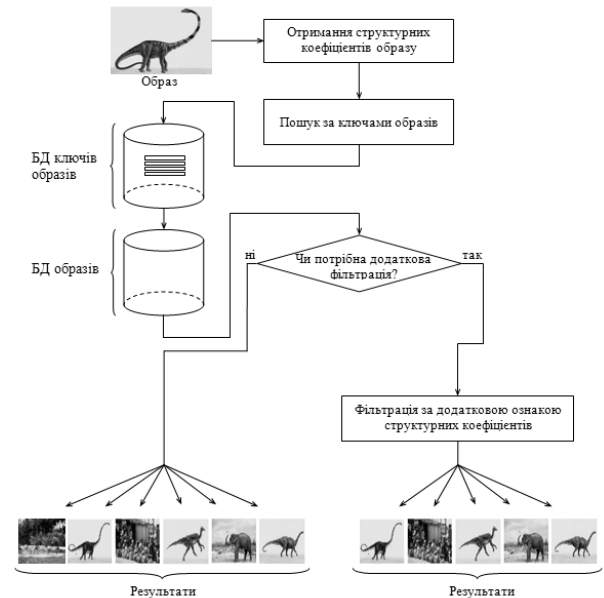


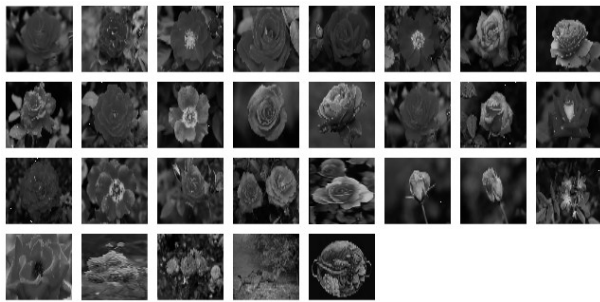
Рис. 4: Схема процесу пошуку образів

Під час пошуку образів отриманий ключ образу-запиту порівнюється з ключами відповідної характеристики в базі даних ключів (рис. 4). При порівнянні використовується задана точність порівняння. Образи, ключі яких відповідають із заданою точністю ключеві запиту формують попередній результат. При використанні додаткової фільтрації по іншій характеристиці процес пошуку повторюється на попередньо отриманих зображеннях. Кінцевим результатом є відфільтровані образи.

5. Експериментальні результати

На рис. 5 наведено приклади роботи пакету, на якому перше зображення є образом-запитом (без врахування

класифікації, база відповідних образу-запиту складає 100 зображень).



а) 29 зображень відповідають образу-запиту, 2 – ні



б) 21 зображення відповідає образу-запиту, 56 – ні



в) 4 зображень відповідають образу-запиту, 10 - ні

Рис. 5: Приклади результатів пошуку

6. Висновки

Розроблено алгоритм проникаючого сканування інтенсивності візуальних образів. Запропоновано коефіцієнти структуризації інтенсивності, інтегральні та розподілені структурні властивості.

7. Перелік посилань

- [1] *Vailaya, A.K. Jain, H.J. Zhang.* On image classification: city vs. landscape // *Pattern Recognition*, vol. 31, p. 1921-1935, 1998.
- [2] *M.J. Swain, D.H. Ballard.* Color indexing // *International journal of Computer Vision*, vol. 7, n. 1, p. 11-32, 1991.
- [3] *H. Nezamabadi-pour, E. Kabir.* Image retrieval using histograms of unicolor and bicolor blocas and direccional changes in intensity gradient // *Pattern Recognition Letters*, vol. 25, n. 14, p. 1547-1557, 2004.
- [4] *F. Mokhtarian, S. Abbasi.* Shape similitaty retrieval under affine transforms // *Pattern Recognition*, vol. 35, p. 31-41, 2002.
- [5] *A.K. Jain, A. Vailaya.* Image retrieval using color and shape // *pattern Recognition*, vol. 29, n. 8, p. 1233-1244, 1996.
- [6] *B.S. Manjunath, W.Y. Ma.* Texture feature for browsing and retrieval of image data // *IEEE PAMI*, vol. 8, n. 18, p. 837-842, 1996.
- [7] *J.R. Smith, C.S. Li.* Image classification and quering using composite region templates // *Academic Press, Computer Vision and Understanding*, vol. 75, p. 165-174, 1999.
- [8] *J.Z. Wang, J. Li, G. Wiederhold.* SIMPLcity: semantic sensitive integrated matching for picture libraries // *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 23, n. 9, p. 947-963, 2001.
- [9] *H.W. Yoo, S.H. Jung, D.H. Jang, Y.K. Na.* Extraction of major object features using VQ clustering for content-based image retrieval // *Pattern Recognition*, vol. 35, p. 1115-1126, 2002. [10]. *M. Szummer, R.W. Picard.* Indoor-outdoor image classification // *IEEE International Workshop on Content-Based Access of Image and Video Database (ICCV'98)*, p. 42-51, 1998.