



## РОЗПОДІЛЕНІ СТРУКТУРНІ ВЛАСТИВОСТІ ЗОБРАЖЕНЬ НА ОСНОВІ “РЕНТГЕНОСКОПІЇ” ІНТЕНСИВНОСТІ

Роман Мельник, Юрій Каличак

Національний університет “Львівська політехніка”  
79013, м. Львів, вул. С.Бандери, 12  
ramelnyk@polynet.lviv.ua, maestrodirk@gmail.com

**Резюме:** представлена методика отримання інтегральних та розподілених структурних властивостей образів на основі алгоритму “рентгеноскопії” інтенсивності зі сторони фронтальної площини  $XOZ$  чи бічної площини  $YOZ$ . Розподілені структурні ознаки формуються для сегментів простору інтенсивності, на які його поділено. Сегментування здійснено розділенням “знімка” образу і простору за значеннями інтенсивності і координат. Наведені приклади пошуку образів за запропонованими характеристиками.

**Ключові слова:** зображення, алгоритм проникаючого сканування, простір інтенсивності, розподілені та інтегральні структурні коефіцієнти

### ВСТУП

#### Постановка задачі декомпозиції образів.

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 SIMPLiCity [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 [11] запропоновано навчальний компонент для CBIR системи. Він передбачає контролююче тренування системи на різних фрагментах образу. Szummer та Picard [10] розвинули систему класифікації внутрішніх та зовнішніх сцен. Інші приклади семантичної класифікації зображень включають працю порівняння міста та ландшафту [1] і знаходження обличчя [12]. Wang та Fischler [13] показали, що точне семантичне представлення є корисним для задач порівняння зображень.

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

### 1. ПЕРЕТВОРЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ 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  $0=255$ .

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

$$R = 0,2125; G = 0,7154; B = 0,0721.$$

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

$$b = (256 - c_i) \times 100 / 256, \quad (1)$$

або у відсотках від білого кольору:

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

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. Яскравість порашована за формулою (2).

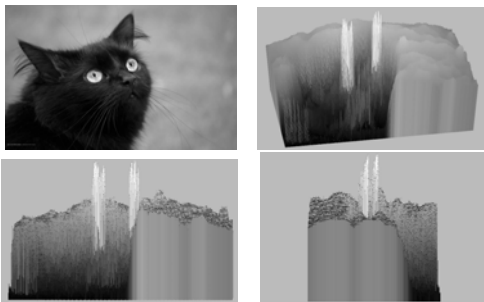


Рис. 1 – Образ, його просторове, фронтальне та бічне зображення інтенсивності

Представлені тривимірні зображення інтенсивності не дають очевидної інформації, необхідної для класифікації чи пошуку зображень. Проте алгоритмічні маніпуляції з ними дозволяють отримати певні класифікаційні ознаки. Першими і найпростішими для знаходження є силуети інтенсивності. Для фронтального та бічного зображення інтенсивності можемо знайти криві їх верхніх границь, тобто фронтального  $H_f(x)$  та бічного силуету  $H_l(y)$  інтенсивності. Для цього реалізуємо наступні вирази:

$$H_f(x) = \max_{y \in Y} B_p(x, y) \quad x \in X$$

$$H_l(y) = \max_{x \in X} B_p(x, y) \quad y \in Y \quad (3)$$

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

Приклади фронтального та бічного силуетів тестового зображення продемонстровані на рис. 2.

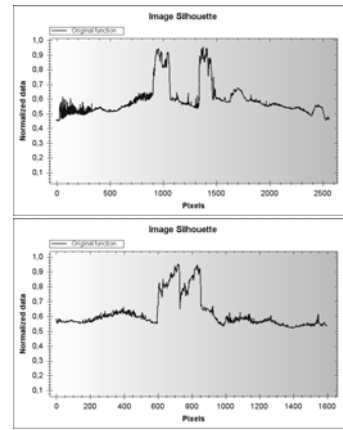


Рис. 2 – Фронтальний та бічний силуети

Силует як критеріальну функцію використовуємо для певних класів зображень для їх пошуку та класифікації. Однак тривимірна яскравість 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 яскравість 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” (рис. 3).

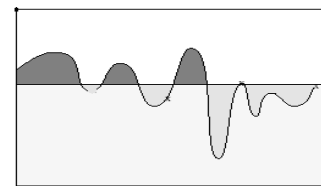


Рис. 3 – Шлях променя крізь яскравість зображення

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:

$$R_L(B_p, x) = \sum_{y \in Y} R_{L_i}(B_p(x, y)), \quad (4a)$$

а для бічного шляху

$$R_L(B_p, y) = \sum_{x \in X} R_{L_i}(B_p(x, y)), \quad (4б)$$

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  $R_L(B_p, y)$  яскравість пікселя способом нормалізації отриманих шляхів на відрізок 0-255 без врахування рівня інтенсивності  $B_p$  основного образу:

$$B_{sp}(R_L(B_p, x)) = (255 / \max(d_x, d_y)) * R_L(B_p, x), \quad (5a)$$

$$B_{sp}(R_L(B_p, y)) = (255 / \max(d_x, d_y)_x) * R_L(B_p, y) \quad (5б)$$

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

Отримане зображення назвемо знімком інтенсивності оригінального образу (приклади фронтального та бічного на рис. 4).

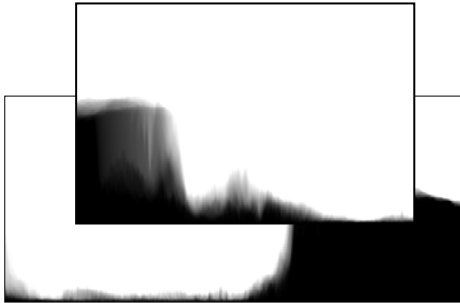


Рис. 4 – Знімки інтенсивності оригінального образу

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

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

$$S(B_p) = \sum_{y \in Y} R_L(B_p, y). \quad (6б)$$

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 (рис. 5 а) – розподіл за яскравістю, вертикальними лініями (рис. 5б) – розподіл за координатою, горизонтальними та вертикальними лініями (рис. 5в) – розподіл за яскравістю та координатою.

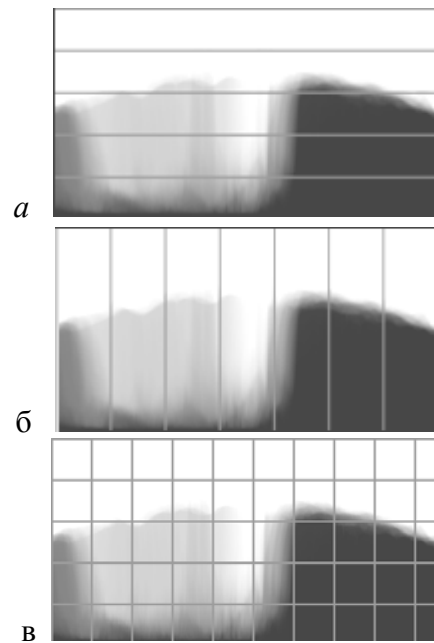


Рис. 5 – Способи сегментування знімка і простору інтенсивності

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:

$$K(R_L(B_p)) = \{K(R_L(B_{p1})), K(R_L(B_{p2})), \dots, K(R_L(B_{pn}))\} \quad (8)$$

$$B_{p_i} \in C_i(B_p)$$

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

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

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

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

$$K(R_L(B_p, x)) = \{K(R_L(B_{p1}, x_1)), K(R_L(B_{p2}, x_2)), \dots, K(R_L(B_{pn^*m}, x_{n^*m}))\}. \quad (10)$$

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

На основі відрізків, що попали у сегмент можна побудувати також гістограми. Тобто отримати розподілені характеристики інтенсивності чи довжин відрізків знімка в межах кожного сегмента. Однак це суттєво збільшує кількість ознак образу, що підлягають опрацюванню. 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:

$$V_L(C_i(B_p)) = \sum_{B_p \in C_i(B_p)} S_{Li}(B_p) \quad (11)$$

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 використаємо об'єм простору інтенсивності:

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

$$K_s^{ij} = V_i(B_p) / V_j(B_p) \quad (12)$$

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

$$K_s^i = S_1(B_p) / S_f(B_p), \quad (13)$$

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  $i$ -им та  $j$ -им сегментами:

$$K_s^{ij} = M_s^i(S(B_p)) / M_s^j(S(B_p)), \quad (14)$$

Оскільки площ поперечного перерізу в сегменті багато, то на їх основі формуються

статистичні ознаки:

1) Середня площа поперечного перерізу у сегменті:

$$M_s(S(B_p)) = (1 / K(S(B_p))) \cdot \sum S_i(B_p); \quad (15)$$

2) Середнє квадратичне відхилення площі поперечного перерізу у сегменті:

$$D_s(S(B_p)) = \sqrt{(1 / K(S(B_p))) \cdot \sum (S_i(B_p) - M_s(S(B_p)))^2} \quad (16)$$

де  $K(S(B_p))$  – кількість рівнів інтенсивності у горизонтальному сегменті;

3) Середня точкова яскравість знімка:

$$B_{spM}(R_L(B_p, x)) = (1 / K_s) \cdot \sum B_{spi}(R_L(B_p, x)) \quad (17)$$

4) Середнє квадратичне відхилення точкової інтенсивності знімка:

$$B_{spD}(R_L(B_p, x)) = \sqrt{(1 / K_s) \cdot \sum (B_{spi}(R_L(B_p, x)) - B_{spM}(R_L(B_p, x)))^2} \quad (18)$$

де  $K_s$  – кількість пікселів у сегменті.

### 3. СТАТИСТИЧНІ ІНТЕГРАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗНІМКА ТА ОБРАЗУ

Для формування ознак знімка та образу найпростішими є моделі гістограми. Наприклад, гістограма інтенсивності знімка:

$$K(B_{sp}(R_L)) = \{K(B_{sp}(R_L d1)), K(B_{sp}(R_L d2)), \dots, K(B_{sp}(R_L dN))\}, N = 255, \quad (19)$$

де  $K(B_{sp}(R_L))$  – кількість всіх значень інтенсивності знімка,  $K(B_{sp}(R_L d2))$  – кількість значень конкретної інтенсивності.

Близькою до інтенсивності є гістограма довжин суцільних відрізків під поверхнею інтенсивності:

$$K(R_L) = \{K(R_L d1), K(R_L d2), \dots, K(R_L dM)\}, \quad (20)$$

де  $K(R_L)$  – кількість всіх відрізків,  $K(R_L d2)$  – кількість відрізків довжин у інтервалі;

або гістограма площ поперечного перерізу під поверхнею інтенсивності:

$$K(B_{sp}(R_L)) = \{K(B_{sp}(R_L d1)), K(B_{sp}(R_L d2)), \dots, K(B_{sp}(R_L dN))\}, \quad (21)$$

де  $K(B_{sp}(R_L))$  – кількість всіх суцільних площ поперечного перерізу,  $K(B_{sp}(R_L d2))$  – кількість значень площ в конкретному інтервалі.

В порівнянні з оригінальним образом дані гістограми більш компактні (через відсікання нижньої частини і зменшення образу). Проте, на жаль, вони не містять просторових координат, що є слабим місцем гістограм взагалі.

### 4. ПРЕДСТАВЛЕННЯ СТРУКТУРНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

Приклади образів у форматі JPEG із розмірами 256×384 пікселів, їх фронтальних та бічних знімків інтенсивності представлено на рис. 6.

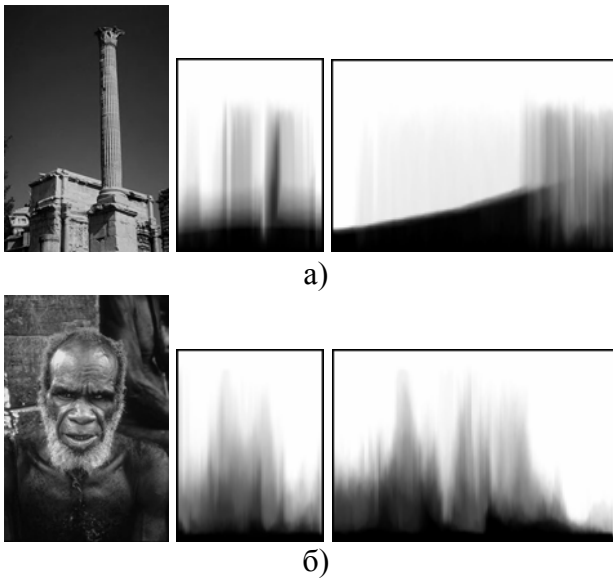


Рис. 6 – Приклади образів та їх знімків

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

## 5. ПОШУК ЗОБРАЖЕНЬ

Для тестування властивостей як критеріїв пошуку використано базу Ванга [14], котра складається із 1000 візуальних образів, зібраних у 10 семантичних категорій: динозаври, слони, коні, квіти, їжа, гори, автобуси, архітектура, люди та краєвиди. Кожен клас містить 100 рисунків у форматі JPEG розміром 256×384 пікселів.

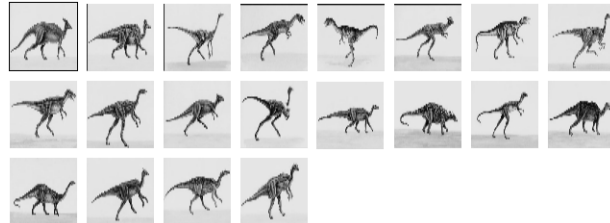
Приклади пошуку деяких зображень з використанням структурних властивостей наведено на рис. 7. Тут перше зображення є

образом-запитом.



Знайдено 18 зображення:

17 зображення відповідає образу-запиту, 1 – ні (25 вертикальних і 25 горизонтальних сегментів)



Знайдено 20 зображення:

20 зображення відповідає образу-запиту, 0 – ні (25 вертикальних і 25 горизонтальних сегментів)

Рис. 7 – Приклади пошуку образів

## 6. ВИСНОВКИ

Розроблено алгоритм проникаючого сканування інтенсивності візуальних образів, який дозволяє отримати кількісні та якісні характеристики інтенсивності та відношень між ними. Запропоновано коефіцієнти структуризації інтенсивності, інтегральні та розподілені структурні властивості. Експерименти підтвердили доцільність використання структурних ознак для класифікації зображень. Формування ключів зображення за представленими властивостями образів рекомендуються для застосування у автоматизованих системах пошуку зображень.

## 7. СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- [1] A. Vailaya, A. K. Jain, H. J. Zhang. On image classification: city vs. landscape // *Pattern Recognition*, 1998, Vol. 31, pp. 1921-1935.
- [2] M. J. Swain, D. H. Ballard. Color indexing // *International journal of Computer Vision*, 1991, Vol. 7, No. 1, pp. 11-32.
- [3] H. Nezamabadi-pour, E. Kabir. Image retrieval using histograms of unicolor and bicolor blocas and direccional changes in intensity gradient // *Pattern Recognition Letters*, 2004, Vol. 25, No. 14, pp. 1547-1557.
- [4] F. Mokhtarian, S. Abbasi. Shape similitaty retrieval under affine transforms // *Pattern Recognition*, 2002, Vol. 35, pp. 31-41.
- [5] A. K. Jain, A. Vailaya. Image retrieval using color and shape // *Pattern Recognition*, 1996, Vol. 29, No. 8, pp. 1233-1244.

- [6] B. S. Manjunath, W. Y. Ma. Texture feature for browsing and retrieval of image data // *IEEE PAMI*, 1996, Vol. 8, No. 18, pp. 837-842.
- [7] J. R. Smith, C. S. Li. Image classification and quering using composite region templates // *Academic Press, Computer Vision and Understanding*, 1999, Vol. 75, pp. 165-174.
- [8] J. Z. Wang, J. Li, G. Wiederhold. SIMPLIcity: semantic sensitive integrated matching for picture libraries // *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2001, Vol. 23, No. 9, pp. 947-963.
- [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*, 2002, Vol. 35, pp. 1115-1126.
- [10] M. Szummer, R. W. Picard. Indoor-outdoor image classification // *IEEE International Workshop on Content-Based Access of Image and Video Database (ICCV'98)*, 1998, pp. 42-51.
- [11] T. P. Minka, R. W. Picard. Interactive learning using a society of models // *Pattern Recognition*, 1997, Vol. 30, No. 3, pp. 565.
- [12] M. C. Burl, M. Weber, P. Perona. A probabilistic approach to object recognition using local photometry and global geometry // *Proc. European Conf. Computer Vision*, 1998, pp. 628-641.
- [13] J. Z. Wang, M. A. Fishler. Visual similarity, judgmental certainty and stereo correspondence // *Proc. DARPA Image Understanding Workshop*, 1998.
- [14] База 1000 тестових зображень (Wang) <http://wang.ist.psu.edu/~jwang/test1.tar> (2009).



**Мельник Роман Андрійович**, доктор технічних наук, професор кафедри програмного забезпечення НУ "Львівська політехніка". Наукові інтереси: комбінаторні задачі несполіноміальної складності.



**Каличак Юрій Ігорович**, студент кафедри програмного забезпечення НУ "Львівська політехніка", інститут Комп'ютерних наук та інформаційних технологій, спеціальність: програмне забезпечення автоматизованих систем.





## DISTRIBUTED VISUAL PATTERN STRUCTURE FEATURES BY “X-RAYING” OF INTENSITY

Roman Melnyk, Yuriy Kalychak

Lviv Polytechnic National University  
 79013, Lviv, S.Bandery str., 12  
 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 from the perspective of the frontal plane XOZ or lateral plane YOZ is considered. The distributed structural features of segments are formed for the space of intensity. Segmentation is performed through splitting the image and space by intensity and coordinate values. The results of defined features and searching algorithm are presented.*

**Keywords:** *visual pattern, “X-ray” algorithm, intensity space, distributed and integral structural coefficients*

### 1. INTRODUCTION

The existent universal content-based image retrieval systems (CBIR) attribute to one of three categories depending on approach of extracting features: a histogram, coloured location, and region-based. Such properties in particular, is: color [2 – 3], shape [4 – 5], structure [6] and location [7]. Extracted features are stored in a visual feature database. In the searching phase, when a user makes a query, a feature vector for the query is compared to the vectors in the feature database. The images most similar to the query are returned to the user.

A successful categorization of images will greatly enhance the performance of CBIR systems by filtering out images from irrelevant classes during matching [1].

Region-based image retrieval systems use local properties of regions (ideally objects) as opposed to the global properties of the entire image. Example of regions-based systems includes SIMPLIcity [8]. If objects within the image are segmented and each object feature is extracted automatically, these feature make possible object-based image retrieval [9]. However, representing of the images by adequate number of clusters (objects in the image) can better present the content of them but this approach is time consuming.

Minka and Picard [11] introduced a learning component in their CBIR system. The system requires the supervised training of various parts of the image. Szummer and Picard [10] have developed a system to classify indoor and outdoor scenes. Classification over low-level image features such as

color histogram and discrete cosine transformation (DCT) coefficients is performed. A 90 percent accuracy rate has been reported over database of 1300 images from Kodak.

### 2. “X-RAYING” ALGORITHM

The 3-D intensity is a good material to find it in many other characteristics of images, in particular related to the intensity of the surface structure itself. For this to apply three-dimensional image intensity “X-raying” algorithm: penetrating front crawl (with coordinate  $x$ ) or lateral (with coordinate  $y$ ) image intensity beam that passes through the intensity of the image from side view to the opposite side. On his way a ray will have two types of segments: RL – beneath the surface intensity (including the border), that under the “hill” and RU – above the intensity that is above the “cavity”.

On the beam path from current to the opposite side of image the sum of the lengths of segments under the surface intensity for intensity values are calculated:

$$R_L(B_p, x) = \sum_{y \in Y} R_{Li}(B_p(x, y)) \quad (1)$$

where  $R_{Li}(B_p(x, y))$  is continuous interval of beam, which passes under one continuous surface intensity at  $B_p(x, y)$ .

Result of penetrating scanning of image we present as image  $B_{sp}$ , posing in matching each value of  $R_L(B_p, x)$  or pixel intensity normalization obtained by way of section 0-255 excluding intensity level  $B_p$

of main image:

$$B_{sp}(R_L(B_p, x)) = (255 / \max(d_x, d_y)) \cdot R_L(B_p, x), \quad (2)$$

where  $d_x, d_y$  – count of pixels in main image by coordinates  $x, y$ .

Availability amounts segments  $R_L(B_p, x)$  or  $R_L(B_p, y)$  allows for each intensity  $B_p$  of main image to find its cross-sectional area of intensity as the sum of all segments of the lengths of the coordinate value of intensity:

$$S(B_p) = \sum_{x \in X} R_L(B_p, x), \quad (3a)$$

$$S(B_p) = \sum_{y \in Y} R_L(B_p, y). \quad (3b)$$

Thus, we get the basic features of the image:  $R_L(B_p, x), R_L(B_p, y)$  – sum of the lengths of segments at an altitude of intensity  $B$  with coordinate  $x$  or  $y$  and  $B_{sp}(R_L(B_p, x)), B_{sp}(R_L(B_p, y))$  – value of image pixel intensity with the same coordinates and cross-sectional area of all the “hills” intensity image. Note that the cross-sectional area is formed from cross-sectional area of individual “hills”:

$$S_L(B_p) = \sum_{x \in X, y \in Y} S_{Li}(B_p). \quad (4)$$

The ratio of units to these areas and the sums of lengths of segments serve as dimensionless image features invariant to image size.

Quantity pieces for side and frontal images are different, and cross-sectional area for a certain level of intensity  $B_p$  is the same for different images.

### 3. DISTRIBUTED VISUAL PATTERN STRUCTURE FEATURES

For incorporation of spatial coordinates we segment the space of image and intensity. It outlines three methods of segmentation: horizontal lines – the distribution of intensity, vertical lines – the coordinate, horizontal and vertical lines because of intensity and coordinate.

According to the method of image segmentation, we get the distribution of sums of segment lengths  $R_L(B_p, x)$ , and  $R_L(B_p, y)$  or elementary segments  $R_{Li}(B_p(x, y))$  depending on location:

$$\text{for intensity} - K(R_L(B_p)) = \{K(R_L(B_{p1})), K(R_L(B_{p2})), \dots, K(R_L(B_{pn}))\}, \\ B_{pi} \in C_i(B_p), \quad (8)$$

where  $C_i(B_p)$  – segment of the image intensity;

$$\text{for coordinate} - K(R_L(x)) = \{K(R_L(x_1)), K(R_L(x_2)), \dots, K(R_L(x_m))\}, \\ x \in C_i(X) \quad (9)$$

where  $C_i(X)$  – calculated by dividing the segment of the image coordinate,  $n$  – number of horizontal segments,  $m$  – number of vertical segments;

The main feature of the segment contains the volume of image intensity within it. It consists of all cross-sectional areas that can be formed in the segment. Here’s the formula for the segment formed by dividing the intensity:

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

For other types of segments constraints are being changed: the intensity space is limited by combinations of coordinates and intensity.

To evaluate the degree of image structure based on horizontal segments we define a number of parameters that characterize the image in terms of its structural properties. To do this we use the amount of space intensity ( the upper index indicates the level segment):

1) structural coefficients of transformation degree of pattern intensity between random  $i$ - and  $j$ -segment:

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

where  $V_i(B_p), V_j(B_p)$  – volumes of segment “hills”;

2) structural coefficients of transformation degree of pattern intensity within a segment based on the coordinate:

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

where  $S_l(B_p), S_f(B_p)$  – area of end- and entry-level of segment intensity (the highest and lowest).

3) structural coefficients of transformation degree of random  $i$ - and  $j$ -segment:

$$K_s^{ij} = M_S^i(S(B_p)) / M_S^j(S(B_p)). \quad (13)$$

### 4. EXPERIMENTS

Two examples of pattern searching in database [14] by distributed pattern structure features are presented on fig.1.

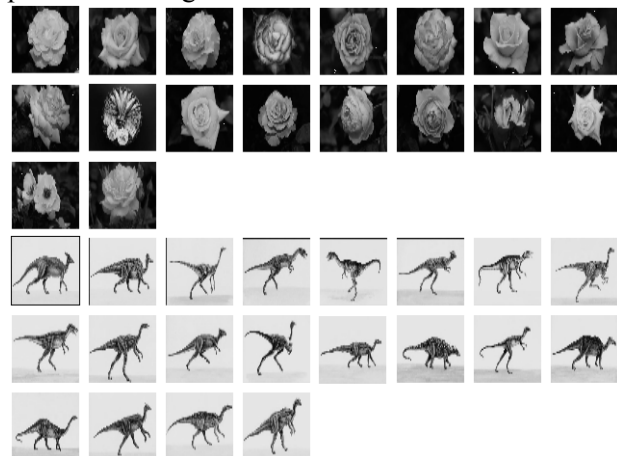


Fig. 1 – Examples of searching



## 5. CONCLUSION

A penetrating scanning algorithm of visual patterns intensity allows to extract quantitative and qualitative features of intensity and relations between them. Coefficients of intensity structure, integral and distributed structural features are proposed. Searching experiments confirmed efficiency of structural features for the patterns classification. The image keys formed according to the presented patterns features are recommended for the usage in automated image searching systems.

## 6. REFERENCES

- [1] A. Vailaya, A. K. Jain, H. J. Zhang. On image classification: city vs. landscape // *Pattern Recognition*, 1998, Vol. 31, pp. 1921-1935.
- [2] M. J. Swain, D. H. Ballard. Color indexing // *International journal of Computer Vision*, 1991, Vol. 7, No. 1, pp. 11-32.
- [3] H. Nezamabadi-pour, E. Kabir. Image retrieval using histograms of unicolor and bicolor blocas and direccional changes in intensity gradient // *Pattern Recognition Letters*, 2004, Vol. 25, No. 14, pp. 1547-1557.
- [4] F. Mokhtarian, S. Abbasi. Shape similatity retrieval under affine transforms // *Pattern Recognition*, 2002, Vol. 35, pp. 31-41.
- [5] A. K. Jain, A. Vailaya. Image retrieval using color and shape // *Pattern Recognition*, 1996, Vol. 29, No. 8, pp. 1233-1244.
- [6] B. S. Manjunath, W. Y. Ma. Texture feature for browsing and retrieval of image data // *IEEE PAMI*, 1996, Vol. 8, No. 18, pp. 837-842.
- [7] J. R. Smith, C. S. Li. Image classification and quering using composite region templates // *Academic Press, Computer Vision and Understanding*, 1999, Vol. 75, pp. 165-174.
- [8] J. Z. Wang, J. Li, G. Wiederhold. SIMPLicity: semantic sensitive integrated matching for picture libraries // *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2001, Vol. 23, No. 9, pp. 947-963.
- [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*, 2002, Vol. 35, pp. 1115-1126.
- [10] M. Szummer, R. W. Picard. Indoor-outdoor image classification // *IEEE International Workshop on Content-Based Access of Image and Video Database (ICCV'98)*, 1998, pp. 42-51.
- [11] T. P. Minka, R. W. Picard. Interactive learning using a society of models // *Pattern Recognition*, 1997, Vol. 30, No. 3, pp. 565.
- [12] M. C. Burl, M. Weber, P. Perona. A probabilistic approach to object recognition using local photometry and global geometry // *Proc. European Conf. Computer Vision*, 1998, pp. 628-641.
- [13] J. Z. Wang, M. A. Fishler. Visual similarity, judgmental certainty and stereo correspondence // *Proc. DARPA Image Understanding Workshop*, 1998.
- [14] Database of 1000 test patterns. (Wang) <http://wang.ist.psu.edu/~jwang/test1.tar> (2009).