

**Р. В. Маслій**

## **ВИКОРИСТАННЯ ЛОКАЛЬНИХ БІНАРНИХ ШАБЛОНІВ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБЛИЧ НА НАПІВТОНОВИХ ЗОБРАЖЕННЯХ**

*У статті описано методи розпізнавання облич, які використовують локальні бінарні шаблони. Запропоновано метод розпізнавання облич, який використовує локальний бінарний шаблон у формі еліпса. Для дослідження методу використана база облич ORL.*

**Ключові слова:** розпізнавання облич, локальні бінарні шаблони, напівтонові зображення, відстань *хі-квадрат*.

### **Вступ**

Сьогодні існує велика кількість застосувань, в яких використовуються методи розпізнавання облич, таких як: ідентифікація особи, контроль посвідчень особи, застосування інтерфейсу „людина-комп'ютер” тощо. Головними труднощами при розпізнаванні облич є багато змін у представленні облич, а саме: різне освітлення, вираз обличчя, поворот голови, вікові зміни тощо. Тому проблема автоматичного розпізнавання обличчя повністю не вирішена до сьогодні [1].

Процес ідентифікації особи, який базується на розпізнаванні по зображенню обличчя, полягає в тому, що зображення обличчя невідомої особи подається на вхід системи розпізнавання, в якій порівнюється із зображеннями облич відомих осіб, що знаходяться в базі зображень. Процес ідентифікації можна розділити на три основні частини:

- реєстрація та нормалізація зображення обличчя;
- виокремлення ознак;
- класифікація.

Останнім часом особливу увагу дослідників для вилучення ознак із зображення обличчя привертають методи, які використовують локальні бінарні шаблони (ЛБШ). ЛБШ вперше були запропоновані в 1996 році для аналізу текстур напівтонових зображень [2]. Методи розпізнавання облич, які використовують для виокремлення ознак ЛБШ та їх модифікації показують високі результати, як за швидкістю, так і за точністю розпізнавання [3-5]. Такі методи робастні при використанні зображень облич із різною мімікою, різним освітленням, поворотами голови.

**Метою** даної **роботи** є модифікація ЛБШ, яка дозволила б підвищити точність розпізнавання зображень облич у порівнянні з використанням класичних ЛБШ та їх модифікацій, а також класичних методів розпізнавання облич (аналіз головних компонент, порівняння еластичних графів).

### **1. Локальні бінарні шаблони**

ЛБШ представляє собою опис околу пікселя зображення у двійковій формі. Оператор ЛБШ, що застосовується до пікселя зображення використовує вісім пікселів околу, приймаючи центральний піксел у якості порогу. Пікселі, які мають значення більші, ніж центральний піксель (чи дорівнюють йому), приймають значення «1», ті, які, менше центрального, приймають значення «0». Таким чином утворюється восьмирозрядний бінарний код, який описує окіл пікселя. Приклад роботи оператора ЛБШ над напівтоновим зображенням показано на рис. 1.

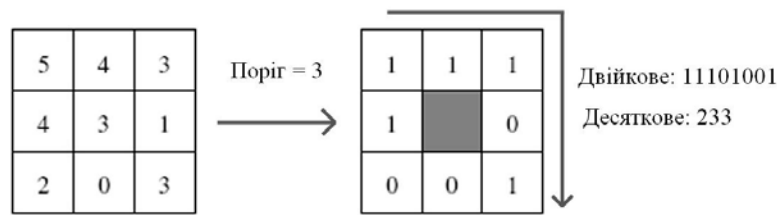
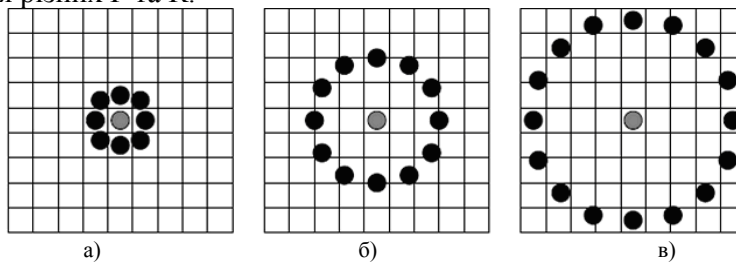


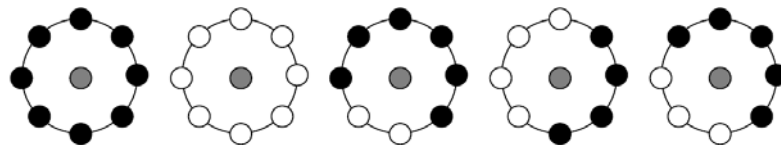
Рис. 1. Приклад роботи ЛБШ оператора

У роботі [3] була здійснена модифікація ЛБШ, яка полягає у використанні пікселів околу, які знаходяться на деякій відстані від центрального пікселя. У цьому випадку пікселі околу лежать на колі радіусом  $R$ . Кількість точок цього кола може бути обрана довільно, позначимо її як  $P$ . Для обчислення значень у цих точках для різних радіуса  $R$  та кількості точок  $P$  використовується білінійна інтерполяція. Для представлення ЛБШ з радіусом  $R$  і відстанню  $P$  будемо використовувати позначення  $LBP_{P,R}$ . На рис. 2 представлені набори пікселів околу для різних  $P$  та  $R$ .

Рис. 2. Модифікований ЛБШ для різних  $P$  та  $R$ :

- а) кількість точок  $P = 8$ , радіус околу  $R = 1.0$ ;
- б) кількість точок  $P = 12$ , радіус околу  $R = 2.5$ ;
- в) кількість точок  $P = 16$ , радіус околу  $R = 4$

У роботі [2] було запропоновано для аналізу зображення використовувати не всі ЛБШ, а лише ті, які можуть мати не більше двох переходів з «1» в «0» чи навпаки. Такі шаблони називають uniform pattern, позначимо їх як  $LBP_{P,R}^u$ . Наприклад, такі ЛБШ, як 1111111 чи 00001111, – це  $LBP_{P,R}^u$ , а 10101010 чи 11001100 – це не  $LBP_{P,R}^u$ . Використання  $LBP_{P,R}^u$  має дві переваги. По-перше, відбувається економія пам'яті, тому що при використанні  $LBP_{P,R}^u$  для аналізу зображення потрібно лише  $P(P - 1) + 2$  ЛБШ, тоді як для представлення усіх  $LBP_{P,R}$  потрібно використати  $2^P$  ЛБШ. По-друге,  $LBP_{P,R}^u$  визначають лише важливі локальні текстури, такі як, кінці ліній, краї, кути, плями. Приклади таких  $LBP_{P,R}^u$  наведені на рис. 3, на якому світлими кружечками позначені пікселі, значення яких дорівнює «0», темними кружечками позначені пікселі, значення яких дорівнює «1».

Рис. 3. Приклади  $LBP_{P,R}^u$ 

У роботі [5] автори використовують гібридний підхід для опису зображення обличчя, в якому зображення описано як локально, так і глобально. Спочатку зображення обличчя розбивається на  $k*k$  областей. Потім у кожній області для кожного пікселя зображення обчислюється  $LBP_{P,R}$ -код. При цьому збільшується на одиницю значення стовпчика, який

відповідає за цей код. Кожному  $LBP_{P,R}^u$ -коду в гістограмі відповідає окремий стовпчик, ще один стовпчик у гістограмі відповідає за всі  $LBP_{P,R}$ -коди, які не мають властивості  $LBP_{P,R}^u$ . Отже, кожна гістограма області складається з  $P(P - 1) + 3$  стовпчиків. Після цього для представлення глобального опису зображення обличчя всі гістограми областей об'єднують в одну гістограму. Ця гістограма складатиметься з  $k^2(P(P - 1) + 3)$  стовпчиків і формуватиме вектор ознак обличчя. Приклад поділу зображення обличчя на області та відповідні цим областям гістограми зображено на рис. 4.

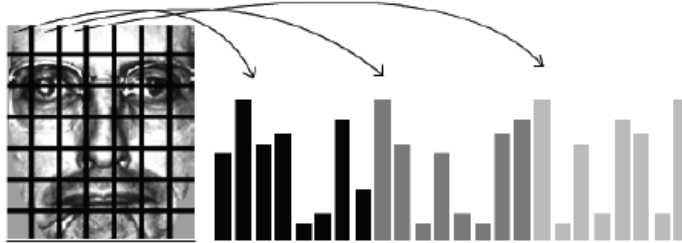


Рис. 4. Гістограми з областей зображення

Для зображення розміром  $N \times M$  вектор ознак обличчя будується обчисленням коду ЛБШ для кожної точки  $(x_c, y_c)$ , де  $x_c \in \{R+1, \dots, N-R\}$ ,  $y_c \in \{R+1, \dots, N-R\}$ . Якщо зображення розділено на  $k \times k$  областей, гістограма області  $(k_x, k_y)$ , де  $k_x \in \{1, \dots, k\}$  та  $k_y \in \{1, \dots, k\}$  буде визначена так:

$$H_i(k_x, k_y) = \sum_{x,y} I\{LBP_{P,R}(x,y) = L(i)\}, i = 1, \dots, P(P-1) + 3, \quad (1)$$

де

$$x \in \begin{cases} \{R+1, \dots, N/k\} & k_x = 1 \\ \{(k_x - 1)(N/k + 1, \dots, N - R)\} & k_x = k \\ \{(k_x - 1)(N/k + 1, \dots, k_x(N/k))\} & \text{інакше} \end{cases},$$

$$y \in \begin{cases} \{R+1, \dots, M/k\} & k_y = 1 \\ \{(k_y - 1)(M/k + 1, \dots, M - R)\} & k_y = k \\ \{(k_y - 1)(M/k + 1, \dots, k_y(M/k))\} & \text{інакше} \end{cases}.$$

та  $L$  назва  $i$ -го стовпчика

$$L(i) = \begin{cases} 1, & i - \text{істина} \\ 0, & i - \text{хибність} \end{cases}.$$

При класифікації зображень обличчя для знаходження найменшої відстані між гістограмами, що представляють обличчя, використовується відстань хі-квадрат. Відстань між зображеннями  $S$  та  $M$  визначається за формулою:

$$\chi^2(S, M) = \sum_{j=1}^{k^2} \left( \sum_{i=1}^{P(P-1)+3} \frac{(S_{i,j} - M_{i,j})^2}{S_{i,j} + M_{i,j}} \right). \quad (2)$$

У формулі (2)  $S_{i,j}$  та  $M_{i,j}$  – це розміри стовпчика  $i$  з області  $j$  (кількість появ ЛБШ  $L(i)$  в області  $j$ ).

Оскільки деякі області обличчя (наприклад, область очей) можуть нести більш важливу інформацію, ніж інші області, кожній області в залежності від її важливості для розпізнавання можуть бути присвоєні ваги.

При присвоєнні ваги  $w_j$  області  $j$  формулу можна записати так:

$$\chi_w^2(S, M) = \sum_{j=1}^{k^2} w_j \left( \sum_{i=1}^{P(P-1)+3} \frac{(S_{i,j} - M_{i,j})^2}{S_{i,j} + M_{i,j}} \right). \quad (3)$$

## 2. Метод розпізнавання

У цій роботі пропонується використати ЛБШ у формі еліпса (ЕЛБШ), тобто для формування ЛБШ будуть використовуватися ті пікселі околу, які лежать на еліпсі відносно центрального пікселя. Позначимо більший радіус еліпса як  $A$ , менший радіус – як  $B$ , кількість точок у ЛБШ позначимо як  $m$ . Тоді координати  $g_{ix}$  та  $g_{iy}$  для кожного пікселю околу  $g_i$  ( $i=1,2,\dots,m$ ) будуть визначатися за формулами (4) та (5)

$$R_i = \sqrt{\frac{A^2 B^2}{A^2 \sin^2 \theta_i + B^2 \cos^2 \theta_i}}, \quad (4)$$

$$g_{ix} = R_i \cdot \cos \theta_i, \quad g_{iy} = R_i \cdot \sin \theta_i, \quad (5)$$

де  $\theta_i = \left( \frac{360}{m} * (i-1) \right)^\circ$ .

На рис. 5 представлений приклад ЕЛБШ з різними значеннями  $A$ ,  $B$  та  $m$ .

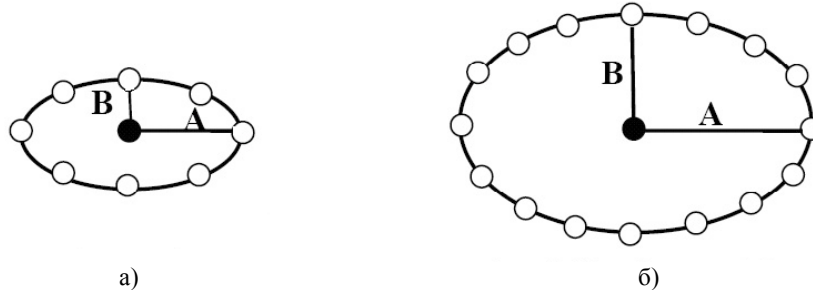


Рис. 5. ЕЛБШ:  
а)  $A=2$ ,  $B=1$ ,  $m=8$ ;  
б)  $A=3$ ,  $B=2$ ,  $m=16$

Координати точок околу не завжди попадають точно в центри пікселів, тому для обчислення значень цих точок використаємо білінійну інтерполяцію. Вектор ознак ЕЛБШ одної області зображення обличчя буде формуватися за формулою (1). Для класифікації зображень облич у цій роботі використовуватимуться формули (2) та (3). Для використання формули (3) потрібно надати вагу певним областям обличчя. Ваги областей  $w$ , підібрані емпіричним шляхом, зображені на рис. 6.

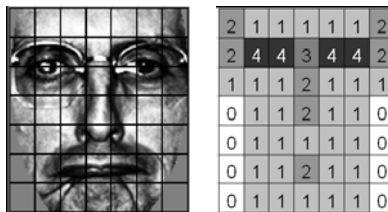


Рис. 6. Ваги областей зображення обличчя

## 3. Результати експериментів

У цій роботі для дослідження запропонованого методу використовується база облич дослідницької лабораторії Оліветті (ORL-Olivetti research laboratory), яка складається з 400

зображень облич 40 осіб (тобто по 10 зображень на одну особу), які мають різні вирази обличчя (наприклад, з розплющеними/заплющеними очима, з посмішкою/без посмішки) та наявність/відсутність окулярів. Усі зображення облич розташовані на темному фоні, у фронтальній позиції з нахилами та поворотами голови до 20 градусів та зміною масштабу до 10%. Усі зображення напівтонові і мають розмір 92\*112 пікселів. На рис. 7 наведено приклад зображень обличчя особи з бази ORL.



Рис. 7. Зображення обличчя особи з бази ORL

В експериментах були використані еліпсоподібні ЛБШ з такими параметрами  $A$ ,  $B$  та  $m$ :  $A_1 = 1$ ,  $B_1 = 1$ ,  $m = 8$  (ЕЛБШ<sub>1</sub>);  $A_2 = 3$ ,  $B_2 = 1$ ,  $m = 16$  (ЕЛБШ<sub>2</sub>);  $A_3 = 3$ ,  $B_2 = 2$ ,  $m = 16$  (ЕЛБШ<sub>3</sub>).

У таблиці 1 наведені точність розпізнавання класичних методів розпізнавання (аналіз головних компонент (АГК), порівняння еластичних графів (ПЕГ)), методів розпізнавання, які використовують ЛБШ, а також точність розпізнавання розроблених методів, які використовують модифіковані ЛБШ.

Таблиця 1

Метод розпізнавання	Точність розпізнавання
АГК [6]	85%
ПЕГ [7]	87.5%
ЛБШ [5]	94%
ЕЛБШ <sub>3</sub>	92%
ЕЛБШ <sub>1</sub> + ваги областей	93.5%
ЕЛБШ <sub>2</sub> + ваги областей	94.5%
ЕЛБШ <sub>3</sub> + ваги областей	95%

З таблиці 1 видно, що розроблені методи розпізнавання, які використовують модифіковані ЛБШ при використанні бази ORL, демонструють більшу точність розпізнавання порівняно з класичними методами (АГК, ПЕГ); порівняно з найкращим з методів розпізнавання, що використовує ЛБШ у роботі [5], розроблені методи демонструють схожі результати.

### Висновки

Експериментально досліджено доцільність використання ЕЛБШ для розпізнавання облич. У сукупності з наданням ваг областям обличчя використання ЕЛБШ дозволило збільшити точність розпізнавання до 95%, використовуючи базу облич ORL. Для підвищення точності розпізнавання в подальшому планується вдосконалити методи попередньої обробки зображення обличчя, вдосконалити спосіб поділу обличчя на області, знайти оптимальні ваги областей, використавши для цього алгоритм AdaBoost.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. W. Zhao, R. Chellappa, P.J. Phillips and A. Rosenfeld. Face recognition: A literature survey. *ACM Computing Surveys*, 35(4): 399 – 458, 2003.
2. Ojala, T., Pietikainen, M., Harwood, D.: A comparative study of texture measures with classification based on feature distributions. *Pattern Recognition* 29(1), 51–59 (1996).
3. Ojala, T., Pietikainen, M., Maenpaa, M.: Multiresolution gray-scale and rotation invariant texture classification with local binary patterns. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 24(7), 971–987 (2002).
4. Zhang, G., Huang, X., Li, S.Z., Wang, Y., Wu, X.: Boosting local binary pattern (LBP)-based face recognition. In: Li, S.Z., Lai, J.-H., Tan, T., Feng, G.-C., Wang, Y. (eds.) *SINOBIOMETRICS 2004*. LNCS, vol. 3338, pp. 180–

187. Springer, Heidelberg (2004).

5. Ahonen T., Hadid A., Pietikainen M.: Face description with local binary patterns: application to face recognition. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence 28(12): 2037-2041. (2006).

6. Turk, M., Pentland, A.: Eigenfaces for recognition. J. Cogn. Neurosci. 3, 71-86 (1991)

7. Belhumeur, P.N., Hespanha, J.P., Kriegman, D.J.: Eigenfaces vs. fisherfaces: Recognition using class specific linear projection. IEEE PAMI 19(7), 711-720 (1997)

**Маслій Роман Васильович** – асистент кафедри автоматики та інформаційно-вимірювальної техніки, e-mail: romas@ukr.net.

Вінницький національний технічний університет.