

**ДОСЛІДЖЕННЯ ДОСТОВІРНОСТІ ВИЯВЛЕННЯ ОБ'ЄКТІВ
НА ЗОБРАЖЕННІ КОРЕЛЯЦІЙНИМ МЕТОДОМ**

© Капустій Б.О., Надобко О.В., Білик О.Л., 2009

Проведено дослідження достовірності виявлення об'єктів на зображенні кореляційним методом на основі оцінок евклідової відстані між об'єктами та достовірності виявлення. За результатами досліджень зроблено висновки щодо застосування цього методу.

Investigation of reliability of correlation method of objects detection on the image based on the evaluation of Euclidean distance between the objects and precisions of detection was performed. The conclusions about applying of this method were obtained based on the investigation results.

Вступ та постановка задачі

Розв'язком задачі виявлення об'єктів на зображенні є прийняття рішення про те, що на зображенні виявлено (не виявлено) заданий об'єкт. Загальний підхід до розв'язання такої задачі полягає у тому, що усі невідомі об'єкти на зображенні порівнюються з деяким еталоном [1]. Якщо подібність між невідомим об'єктом та еталоном є доволі велика, то цей об'єкт вважається таким, що відповідає еталонному об'єкту. Часто для прийняття рішення у такій постановці використовують кореляційний метод. У зв'язку з цим виникає необхідність в додаткових дослідженнях цього методу як в напрямку його чутливості до впливу шумів та завад, так і до зміни масштабу зображення та вибору оцінок достовірності виявлення об'єктів загалом.

Основна частина

Повний збіг еталона з будь-якою частиною зображення буває рідко через вплив шумів та спотворень. Тому переважно за допомогою деякої міри розбіжності $D(m,n)$ між еталоном та зображенням в точці (m,n) фіксується наявність виділеного об'єкта там, де ця розбіжність є меншою за деякий встановлений поріг $L_D(m,n)$. Поріг приймається однаковим для усіх точок зображення. Часто як міру розбіжності використовують середньоквадратичну похибку

$$D(m,n) = \sum_j \sum_k [F(j,k) - T(j-m, k-n)]^2, \quad (1)$$

де $F(j,k)$ – елемент масиву зображення, за яким здійснюється пошук; $T(j,k)$ – елемент еталонного зображення.

Вважається, що існує подібність з еталоном в точці з координатами (m,n) , якщо виконується нерівність:

$$D(m,n) < L_D(m,n). \quad (2)$$

Рівність (1) можна подати у вигляді

$$D(m,n) = D_1(m,n) - 2D_2(m,n) + D_3(m,n), \quad (3)$$

де

$$D_1(m,n) = \sum_j \sum_k [F(j,k)]^2; \quad (4)$$

$$D_2(m,n) = \sum_j \sum_k F(j,k)T(j-m, k-n); \quad (5)$$

$$D_3(m,n) = \sum_j \sum_k [T(j-m, k-n)]^2. \quad (6)$$

У формулі (3) $D_3(m, n)$ – енергія еталона, яка є постійною і не залежить від координат (m, n) . Енергія зображення в межах вікна еталона $D_1(m, n)$ за зміни координат змінюється, як правило, доволі повільно. Третій доданок $D_2(m, n)$ – взаємна кореляція $R_{FT}(m, n)$ зображення та еталона. За збігу зображення та еталона взаємна кореляція повинна бути великою [2], що призводить до отримання малих значень середньоквадратичної похибки.

Однак величина взаємної кореляції не завжди адекватно відображає відмінність зображення від еталона, оскільки енергія зображення залежить від координат. Взаємна кореляція може зростати навіть за незбігу зображення та еталона в тому випадку, якщо яскравість зображення в околі точки з координатами (m, n) є великою. Цю проблему можна усунути, якщо порівнювати нормовану взаємну кореляцію

$$\tilde{R}_{FT}(m, n) = \frac{D_2(m, n)}{D_1(m, n)} = \frac{\sum_j \sum_k F(j, k) T(j - m, k - n)}{\sum_j \sum_k [T(j, k)]^2} \quad (7)$$

з порогом $L_R(m, n)$. Вважається, що подібність з еталоном зафіксована, якщо

$$\tilde{R}_{FT}(m, n) > L_R(m, n). \quad (8)$$

Нормована взаємна кореляція матиме максимальне значення, що дорівнюватиме одиниці, тільки у тому разі, коли зображення у вікні точно збігається з еталоном.

Алгоритм програми, яка реалізує процедуру виявлення об'єктів на зображенні кореляційним методом, показано на рис. 1. Згідно з алгоритмом, після завантаження зображення в пам'ять комп'ютера воно зашумлюється шумом з нормальним законом розподілу із заданими значеннями математичного очікування та дисперсії. Наступним кроком є обчислення матриць взаємкореляції (1 – еталонного зображення та еталонної маски; 2 – вхідного зображення та еталонної маски). Результати обчислень перетворюються у вектори 1 та 2, між якими визначається евклідова відстань:

$$d(x, y) = \|x - y\| = \|y - x\| = [(x_1 - y_1)^2 + \dots + (x_n - y_n)^2]^{1/2}, \quad (9)$$

де x та y – n -вимірні вектори (відповідно 1 та 2).

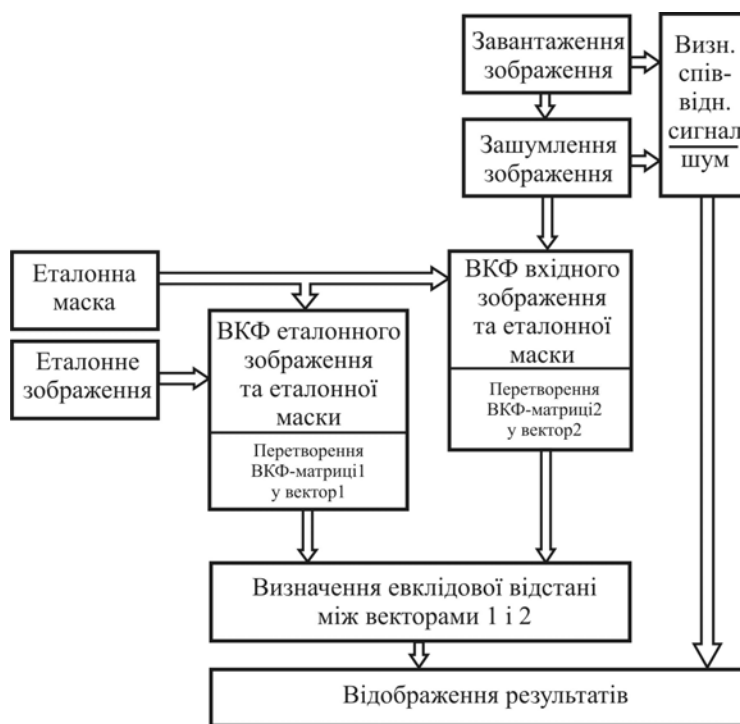


Рис. 1. Блок-схема алгоритму програми виявлення об'єктів на зображенні кореляційним методом

Експериментальні дослідження, висновки та рекомендації

Для дослідження ефективності кореляційного методу як еталон було взято зображення, показане на рис. 2, а, та його маска (рис. 2, б).

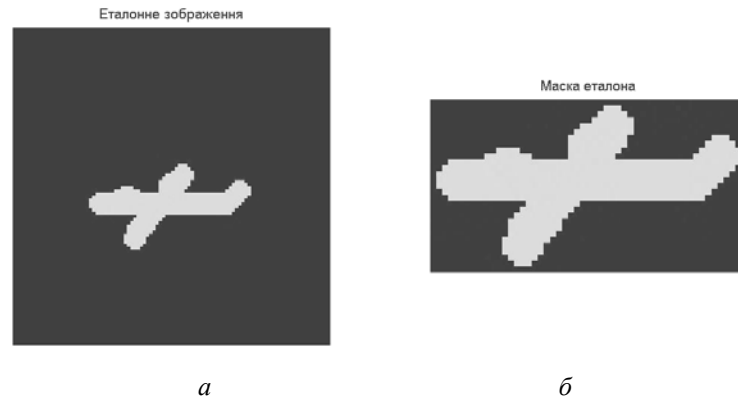


Рис. 2. Зображення еталона (а) та його маски (б)

Дослідження полягало в обчисленні взаємкореляційної функції (ВКФ) спочатку для еталонного зображення і еталонної маски, а потім для будь-якого вхідного зображення та еталонної маски. Після цього дві отримані матриці перетворювались у вектори згідно з [1], між якими визначалась евклідова відстань d згідно з формулою (9) та величина достовірності виявлення D :

$$D = 1 - \frac{|\max(M_1) - \max(M_2)|}{\max(M_1)}, \quad (10)$$

де $\max(M_1)$ – значення найбільшого елемента матриці ВКФ еталонного зображення та еталонної маски; $\max(M_2)$ – значення найбільшого елемента матриці ВКФ вхідного зображення та еталонної маски.

Як вхідні зображення використовувалось саме еталонне зображення, його збільшена та зменшена копії, а також три інші тестові зображення (рис. 3).

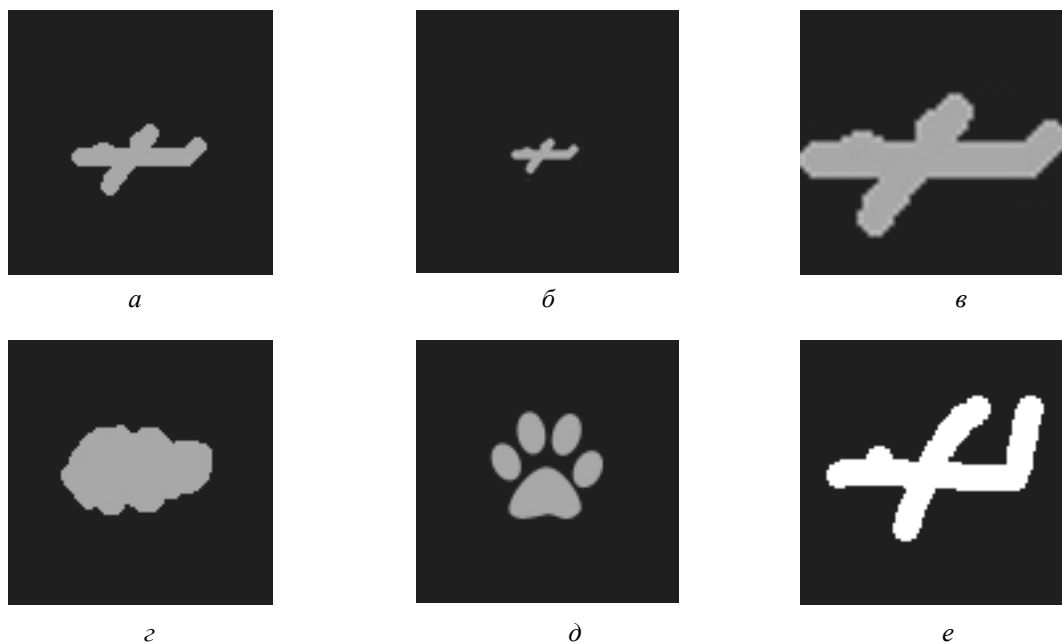


Рис. 3. Зображення, що використовувалось для дослідження кореляційного методу: а – еталон; б – зменшена у два рази копія еталона; в – збільшена у два рази копія еталона; г – зображення 1; д – зображення 2; е – зображення 3

Дослідження проводилось за зашумлення вказаних вхідних зображень шумом з нормальним законом розподілу із співвідношеннями сигнал/шум відповідно 1, 0,7 та 0,5. Усі результати обчислень подано у таблиці.

Результати дослідження кореляційного методу виявлення об'єктів на зображенні

Вхідні зображення		Шум відсутній	Сигнал/шум = 1	Сигнал/шум = 0,7	Сигнал/шум = 0,5
Рис. 3, а	d	0	4,4325	4,5768	5,0046
	D	1	0,8982	0,8771	0,8285
Рис. 3, б	d	6,7314	8,3601	8,4685	8,4052
	D	0,4516	0,4320	0,4077	0,3995
Рис. 3, в	d	14,2632	10,8815	10,3163	10,3990
	D	0,5282	0,4412	0,4109	0,3687
Рис. 3, г	d	12,3840	11,0211	11,0827	10,5569
	D	0,4130	0,3584	0,3054	0,3031
Рис. 3, д	d	12,9056	12,2471	11,9694	11,3873
	D	0,3974	0,3553	0,3001	0,3183
Рис. 3, е	d	14,2632	10,8815	10,3163	10,3990
	D	0,5282	0,4412	0,4109	0,3687

Для наочного відображення дані таблиці подано у вигляді відповідних діаграм (рис. 4 та 5).

Отримані результати показують, що кореляційний метод виявлення об'єктів на зображенні дає добре виявлення потрібного об'єкта такого самого масштабу, що й еталон, навіть під час зашумлення вхідного зображення шумом з нормальним законом розподілу для співвідношення сигнал/шум аж до 0,5 включно. Однак цей метод погано виявляє збільшену чи зменшену копії об'єкта, що дає змогу стверджувати про його чутливість до масштабу вхідного зображення. Оцінками того, чи об'єкт виявлено, можуть бути як відстань d , так і достовірність виявлення D , про що свідчать діаграми на рис. 4 та 5.

Отримані результати можна використати для побудови ВКФ-класифікатора системи розпізнавання зображень [3].

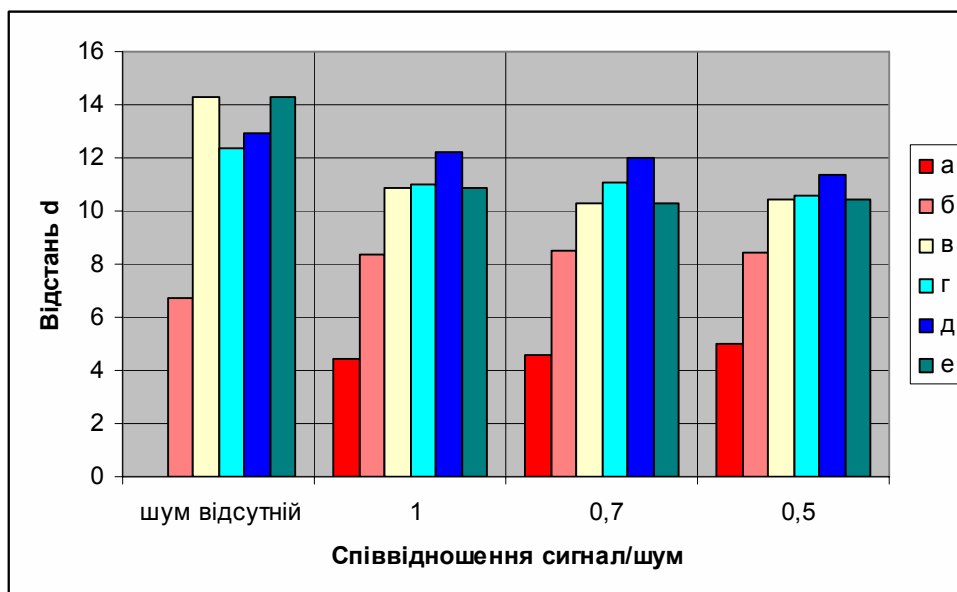


Рис. 4. Залежність відстані d від співвідношення сигнал/шум для зображень на: а – рис. 3, а; б – рис. 3, б; в – рис. 3, в; г – рис. 3, г; д – рис. 3, д; е – рис. 3, е

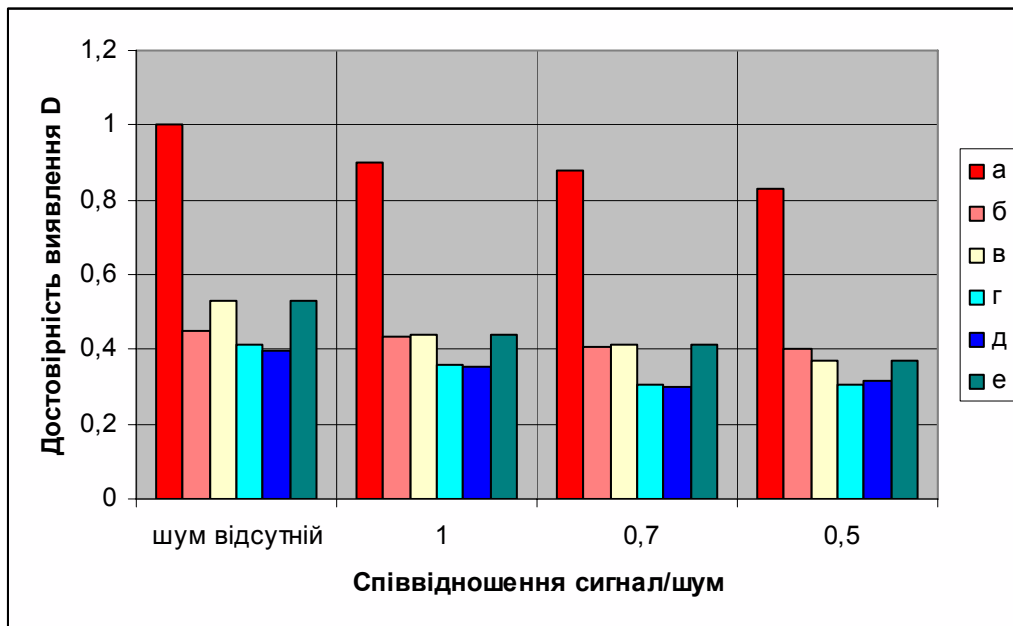


Рис. 5. Залежність достовірності виявлення об'єкта D від співвідношення сигнал/шум для зображень на: а – рис. 3, а; б – рис. 3, б; в – рис. 3, в; г – рис. 3, г; д – рис. 3, д; е – рис. 3, е

1. Прэтт У. Цифровая обработка изображений / Пер. с англ. – М.: Мир, 1982. – Кн. 1, 2. 2. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов по спец. «Радиотехника». – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1988. 3. Репик В.М., Капустий Б.Е., Надобко О.В. Система распознавания изображений с классификатором, использующим отношение взаимокорреляционной и автокорреляционной функций // Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций “РТ-2008” // Материалы 4-й Международной молодежной научно-технической конференции. – Севастополь, 2008. – С.255.