
СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ І ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ З ОБРОБКОЮ ТА РОЗПІЗНАВАННЯМ ЗОБРАЖЕНЬ

УДК 004.932.2

Я. Г. СКОРЮКОВА, Т. Б. МАРТИНЮК, С. М. МАРКОВ, В. М. КОКУШКІН

ОСОБЛИВОСТІ ВИЯВЛЕННЯ ЕТАЛОННОГО ЗОБРАЖЕННЯ НА НАПІВТОНОВОМУ ЗОБРАЖЕННІ ЗА МЕТОДОМ БІНАРНИХ ЗРІЗІВ

Вінницький національний технічний університет, 21021, Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця,
Україна E-mail: yaskor@vntu.edu.ua

Анотація. Необхідність створення нових ефективних підходів та методів для роботи зорових систем мобільних роботів для задач ідентифікації та виявлення об'єктів обумовлено вимогами сьогодення. Метою роботи є аналіз особливостей оброблення напівтонового зображення за методом бінарних зрізів для виявлення еталонного зображення на полі поточного зображення. В якості методів дослідження було використано метод аналізу, абстрагування та аналогії. У статті запропонований підхід до виявлення еталонного напівтонового зображення на поточному напівтоновому зображенні. Для цього розглянуто особливості застосування методу бінарних зрізів для передоброблення напівтонового зображення у поєднанні з методами, що дозволяють виявити еталонне бінарне зображення на поточному бінарному зображенні. Підхід, що пропонується, містить етап формування множини бінарних зрізів напівтонового поточного зображення, етап формування множини бінарних зрізів напівтонового еталонного зображення, етап встановлення відповідності бінарних зрізів еталона до бінарних зрізів поточного зображення, етап визначення місцезоташування кожного бінарного зрізу еталона на відповідному зрізі поточного зображення та етап аналізу отриманих результатів та визначення місцезоташування напівтонового еталонного зображення на напівтоновому поточному зображенні. Запропоновані рішення розглянуто на конкретному прикладі. Практична цінність запропонованого підходу полягає в тому, що складноструктуроване напівтонове зображення з великою кількістю рівнів яскравості можна привести до простих бінарних матриць, більша частина з яких просто виключається з процесу оброблення. При цьому залишається вибір варіанту методу визначення бінарного зрізу еталону на полі бінарного зрізу поточного зображення.

Ключові слова: кореляційне оброблення, напівтонове зображення, еталонне зображення, бінарний зріз, ідентифікація

Abstract. The possibility of creating new effective approaches and methods for the operation of visual systems of mobile works for the identification of tasks and objects of objects is due to the requirements of today. The work method is an analysis of the features of halftone image processing using the method of binary slices to identify a reference image in the field of the current image. The methods of analysis, abstraction and analogy were used as research methods. Separate articles offer an approach to complementing a reference halftone image on a current halftone image. To do this, we note the features of using the method of binary slices for processing a halftone image in combination with methods that allow you to destroy the reference binary image on the current binary image. The proposed approach includes a step of forming a set of binary slices of the halftone current image, a step of forming a set of binary slices of the halftone reference image, a step of matching the binary slices of the reference to the binary slices of the current image, a step of determining the location of each binary slice of the reference on the corresponding slice of the current image, and a step analysis of the obtained results and determination of the location of the halftone reference image on the halftone current image. A solution is proposed using a specific example. The practical value of the proposed approach is that a complex halftone image with a large number of brightness levels can be reduced to simple binary matrices, most of which are simply excluded from the processing process. At the same time, there remains a choice of the method of determining the binary slice of the standard on the field of the binary slice of the current image.

Key words: correlation processing, halftone image, reference image, binary slice, identification.

DOI: 10.31649/1681-7893-2024-47-1-78-87

СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ І ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ З ОБРОБКОЮ ТА РОЗПІЗНАВАННЯМ ЗОБРАЖЕНЬ

ВСТУП

Процес розпізнавання об'єктів, зокрема, статичних та динамічних зображень, складається на кожному етапі оброблення з трьох базових процедур [1 - 3], а саме з передоброблення (препроцесування), аналізу зображень з виявленням ключових ознак і безпосередньо з розпізнавання, яке у більшості випадків реалізується у вигляді класифікації об'єктів [4].

Якщо при препроцесуванні фільтрація зображення є базисною операцією, то на другому етапі в процесі аналізу зображення частіше використовується кореляційне оброблення зображень. Це дозволяє сумістити аналіз зображення з його розпізнаванням, оскільки суміщаються як автокореляція, так і крос-кореляція поточного та еталонного зображень з виявленням конкретних збігів [1, 5, 6].

Актуальність. Вимоги сьогодення потребують нових підходів до розроблення зорових та керуючих систем у складі, наприклад, мобільних роботів [7 - 9]. Це необхідно для забезпечення здатності мобільних роботів ідентифікувати та взаємодіяти з об'єктами в оточуючому фізичному середовищі. Потреба у швидкісних та ефективних за точністю пристроях виявлення рухомих та нерухомих об'єктів є першочерговою задачею для інтелектуальних систем керування [7] у складі мобільних роботів [4, 11].

Метою роботи є аналіз особливостей оброблення напівтонового зображення за методом бінарних зрізів для виявлення еталонного зображення на полі поточного зображення.

Постановка задачі. Результатом спрацювання мобільних роботів є необхідність виявлення та визначення координат об'єктів у реальному часі [4, 12, 13]. Для цього у складі керуючих систем мобільного робота обов'язковим є використання систем відслідковування об'єктів, що може працювати або в цифровому, або в оптичному діапазоні [1, 13]. В результаті блок керування мобільного робота виконує функції як безпосереднього автономного керування, так і аналізу зображення, що дає можливість визначити його як інтелектуальний засіб керування.

Одними з популярних методів, що використовується ідентифікації об'єктів, є методи кореляції на базі згортки поточного та еталонного зображень [1 - 3]. Разом з тим, активно впроваджуються нові методи кореляції зображень. Одним з таких прикладів є метод матричного кореляційного оброблення бінарних зображень, представлений в роботах [11, 14]. Суть цього методу полягає в тому, що згортка двох бінарних зображень замінюється розгорткою еталонного зображення, наприклад, від його центрального пікселя з подальшим бінарним множенням з відповідно зсунутим поточним зображенням. В результаті можна визначити місцеположення центру еталонного зображення на полі поточного зображення, а кількість циклів оброблення залежить від розмірності еталонного зображення, яке значно менше розмірності поточного зображення [17, 18].

В результаті цікавість представляє розроблення нових підходів до оброблення складних, а саме, напівтонових зображень, які поєднують в собі переваги методів кореляції бінарних зображень [14, 15] та класичних методів оброблення зображень [1, 2].

РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ МЕТОДОМ БІНАРНИХ ЗРІЗІВ

Одним з варіантів підходу для виявлення еталонного напівтонового зображення на поточному напівтоновому зображенні може бути застосування поєднання відомого методу бінарних зрізів для передоброблення напівтонового зображення [16] та методів, що дозволяють виявити еталонне бінарне зображення на поточному бінарному зображенні [15].

Підхід, що пропонується, містить такі основні етапи:

- 1) формування множини бінарних зрізів (бінарних матриць) напівтонового поточного зображення;
- 2) формування множини бінарних зрізів (бінарних матриць) напівтонового еталонного зображення;
- 3) встановлення відповідності бінарних зрізів еталона до бінарних зрізів поточного зображення;
- 4) визначення місцерозташування кожного бінарного зрізу еталона на відповідному зрізі поточного зображення;
- 5) аналіз отриманих результатів та визначення місцерозташування напівтонового еталонного зображення на напівтоновому поточному зображенні.

Розглянемо кожен етап більш детально. Етапи 1 і 2 є подібними і представлені в роботах [16, 17], але мають деякі особливості. Тому розглянемо особливості формування бінарних зрізів як для поточного, так і для еталонного зображень.

1. Формування бінарних зрізів поточного зображення.

СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ І ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ З ОБРОБКОЮ ТА РОЗПІЗНАВАННЯМ ЗОБРАЖЕНЬ

В якості вхідного поточного оцифрованого зображення представимо вхідне зображення у вигляді матриці $F^0(M, N)$, що становить сукупність елементів (або пікселів) зображення $f(i, j)$, де $i=1, \dots, M$, а $j=1, \dots, N$, де M – кількість рядків, а N – кількість стовпців [16, 17]:

$$F^0 = \begin{pmatrix} f(1,1) & f(1,2) & \dots & f(1,N) \\ f(2,1) & f(2,2) & \dots & f(2,N) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ f(M,1) & f(M,2) & \dots & f(M,N) \end{pmatrix} \quad (1)$$

Значення елементів $f(i, j)$ обмежено умовою:

$$0 < f(i, j) < C,$$

де C – максимально можлива яскравість, а також, вони належать до області цілих невід'ємних чисел, а M і N є непарними числами.

Усіченим зображенням із номером k є зображення, представлене у вигляді матриці $F^k(M, N)$, елементи якої $f^k(i, j)$ визначаються в результаті операцій віднімання дискретної величини d від елементів $f^{k-1}(i, j)$ матриці $F^{k-1}(M, N)$ зображення.

$$F^k(M, N) = F^{k-1}(M, N) - D(M, N) \quad (2)$$

де $k = 1, \dots, K_F$ (при цьому K_F – кількість кроків квантування для поточного зображення).

Зрізом з номером k будемо вважати сукупність бінарних елементів $b^k(i, j)$, що представлена у вигляді матриці $B^k(M, N)$:

$$B^k(M, N) = \begin{pmatrix} b^k(1,1) & b^k(1,2) & \dots & b^k(1,N) \\ b^k(2,1) & b^k(2,2) & \dots & b^k(2,N) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ b^k(M,1) & b^k(M,2) & \dots & b^k(M,N) \end{pmatrix}, \quad (3)$$

Їх елементи визначаються за правилом:

$$b^k(i, j) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } f^k(i, j) = 0, \\ 0, & \text{якщо } f^k(i, j) \neq 0, \end{cases} \quad (4)$$

де $f^k(i, j)$ – елемент матриці усіченого зображення $F^k(M, N)$.

Отже на першому кроці значення всіх елементів вхідного зображення зменшуються на визначену дискретну величину d (крок квантування). Математично це визначається за виразом (2) як різниця двох матриць: вхідної $F^0(M, N)$ і матриці $D(M, N)$ такої ж вимірності, всі елементи $d(i, j)$ якої мають однакові значення, що дорівнює кроку квантування:

$$F^1(M, N) = F^0(M, N) - D(M, N) \quad (5)$$

У відповідності з матрицею $F^l(M, N)$ за виразами (1–3) та умовою (4) формується зріз $B^l(M, N)$. Ці дії повторюються для матриці $F^l(M, N)$ таким чином, як би це була вхідна матриця, а потім і для всіх отриманих матриць $F^k(M, N)$. Процес триває до тих пір, поки всі елементи зрізів $B^1(M, N)$, $B^2(M, N)$, ..., $B^K(M, N)$ відповідних матрицям $F^1(M, N)$, $F^2(M, N)$, ..., $F^K(M, N)$ не приймуть нульові значення. При чому кількість зрізів, а відповідно і кроків квантування, визначається за формулою:

$$K_F = C/d \quad (6)$$

Так при максимальній яскравості вхідного зображення $C = 256$ і кроці квантування $d = 2$ кількість зрізів $K_F = 128$.

Отже, в результаті поточне вхідне зображення представлено у вигляді відповідної структурної моделі як сукупність відповідних бінарних зрізів:

$$F^0(M, N) \Leftrightarrow \bigcup_{k=1}^{K_F} B^k(M, N) \quad (7)$$

**СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ І ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ
З ОБРОБКОЮ ТА РОЗПІЗНАВАННЯМ ЗОБРАЖЕНЬ**

В табл. 1 показано приклад формування усічених матриць та відповідних їм бінарних зрізів для фрагмента вхідного напівтонового поточного зображення F^0 розмірністю 5×5 і кроком квантування $d=1$.

Таблиця 1

Приклад формування бінарних зрізів вхідного напівтонового поточного зображення

Номер кроку	Формування усічених зображень	Формування відповідних бінарних зрізів																																																		
0	F^0 <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><td>1</td><td>7</td><td>7</td><td>8</td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>7</td><td>8</td><td>6</td><td>1</td></tr> <tr><td>3</td><td>6</td><td>6</td><td>6</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td>2</td><td>2</td><td>1</td><td>3</td></tr> </table>	1	2	3	3	3	1	7	7	8	1	2	7	8	6	1	3	6	6	6	2	3	2	2	1	3	B^0 <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	2	3	3	3																																																
1	7	7	8	1																																																
2	7	8	6	1																																																
3	6	6	6	2																																																
3	2	2	1	3																																																
0	0	0	0	0																																																
0	0	0	0	0																																																
0	0	0	0	0																																																
0	0	0	0	0																																																
0	0	0	0	0																																																
1	F^1 <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td></tr> <tr><td>0</td><td>6</td><td>6</td><td>7</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>6</td><td>7</td><td>5</td><td>0</td></tr> <tr><td>2</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>2</td></tr> </table>	0	1	2	2	2	0	6	6	7	0	1	6	7	5	0	2	5	5	5	1	2	1	1	0	2	B^1 <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> </table>	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	1	2	2	2																																																
0	6	6	7	0																																																
1	6	7	5	0																																																
2	5	5	5	1																																																
2	1	1	0	2																																																
1	0	0	0	0																																																
1	0	0	0	1																																																
0	0	0	0	1																																																
0	0	0	0	0																																																
0	0	0	1	0																																																
2	F^2 <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>x</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>x</td><td>5</td><td>5</td><td>6</td><td>x</td></tr> <tr><td>0</td><td>5</td><td>6</td><td>4</td><td>x</td></tr> <tr><td>1</td><td>4</td><td>4</td><td>4</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>x</td><td>1</td></tr> </table>	x	0	1	1	1	x	5	5	6	x	0	5	6	4	x	1	4	4	4	0	1	0	0	x	1	B^2 <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0
x	0	1	1	1																																																
x	5	5	6	x																																																
0	5	6	4	x																																																
1	4	4	4	0																																																
1	0	0	x	1																																																
0	1	0	0	0																																																
0	0	0	0	0																																																
1	0	0	0	0																																																
0	0	0	0	1																																																
0	1	1	0	0																																																
3	F^3 <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>x</td><td>x</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>x</td><td>4</td><td>4</td><td>5</td><td>x</td></tr> <tr><td>x</td><td>4</td><td>5</td><td>3</td><td>x</td></tr> <tr><td>0</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>x</td></tr> <tr><td>0</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td><td>0</td></tr> </table>	x	x	0	0	0	x	4	4	5	x	x	4	5	3	x	0	3	3	3	x	0	x	x	x	0	B^3 <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> </table>	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1
x	x	0	0	0																																																
x	4	4	5	x																																																
x	4	5	3	x																																																
0	3	3	3	x																																																
0	x	x	x	0																																																
0	0	1	1	1																																																
0	0	0	0	0																																																
0	0	0	0	0																																																
1	0	0	0	0																																																
1	0	0	0	1																																																
4	F^4 <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>x</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td></tr> <tr><td>x</td><td>3</td><td>3</td><td>4</td><td>x</td></tr> <tr><td>x</td><td>3</td><td>4</td><td>2</td><td>x</td></tr> <tr><td>x</td><td>2</td><td>2</td><td>3</td><td>x</td></tr> <tr><td>x</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td></tr> </table>	x	x	x	x	x	x	3	3	4	x	x	3	4	2	x	x	2	2	3	x	x	x	x	x	x	B^4 <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
x	x	x	x	x																																																
x	3	3	4	x																																																
x	3	4	2	x																																																
x	2	2	3	x																																																
x	x	x	x	x																																																
0	0	0	0	0																																																
0	0	0	0	0																																																
0	0	0	0	0																																																
0	0	0	0	0																																																
0	0	0	0	0																																																
5	F^5 <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>x</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td></tr> <tr><td>x</td><td>2</td><td>2</td><td>3</td><td>x</td></tr> <tr><td>x</td><td>2</td><td>3</td><td>1</td><td>x</td></tr> <tr><td>x</td><td>1</td><td>1</td><td>2</td><td>x</td></tr> <tr><td>x</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td></tr> </table>	x	x	x	x	x	x	2	2	3	x	x	2	3	1	x	x	1	1	2	x	x	x	x	x	x	B^5 <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
x	x	x	x	x																																																
x	2	2	3	x																																																
x	2	3	1	x																																																
x	1	1	2	x																																																
x	x	x	x	x																																																
0	0	0	0	0																																																
0	0	0	0	0																																																
0	0	0	0	0																																																
0	0	0	0	0																																																
0	0	0	0	0																																																
6	F^6 <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>x</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td></tr> <tr><td>x</td><td>1</td><td>1</td><td>2</td><td>x</td></tr> <tr><td>x</td><td>1</td><td>2</td><td>0</td><td>x</td></tr> <tr><td>x</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>x</td></tr> <tr><td>x</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td></tr> </table>	x	x	x	x	x	x	1	1	2	x	x	1	2	0	x	x	0	0	1	x	x	x	x	x	x	B^6 <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
x	x	x	x	x																																																
x	1	1	2	x																																																
x	1	2	0	x																																																
x	0	0	1	x																																																
x	x	x	x	x																																																
0	0	0	0	0																																																
0	0	0	0	0																																																
0	0	0	1	0																																																
0	1	1	0	0																																																
0	0	0	0	0																																																

**СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ І ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ
З ОБРОБКОЮ ТА РОЗПІЗНАВАННЯМ ЗОБРАЖЕНЬ**

7	F^7 <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>x</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td></tr> <tr><td>x</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>x</td></tr> <tr><td>x</td><td>0</td><td>1</td><td>x</td><td>x</td></tr> <tr><td>x</td><td>x</td><td>x</td><td>0</td><td>x</td></tr> <tr><td>x</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td></tr> </table>	x	x	x	x	x	x	0	0	1	x	x	0	1	x	x	x	x	x	0	x	x	x	x	x	x	B^7 <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
x	x	x	x	x																																																
x	0	0	1	x																																																
x	0	1	x	x																																																
x	x	x	0	x																																																
x	x	x	x	x																																																
0	0	0	0	0																																																
0	1	1	0	0																																																
0	1	0	0	0																																																
0	0	0	1	0																																																
0	0	0	0	0																																																
8	F^8 <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>x</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td></tr> <tr><td>x</td><td>x</td><td>x</td><td>0</td><td>x</td></tr> <tr><td>x</td><td>x</td><td>0</td><td>x</td><td>x</td></tr> <tr><td>x</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td></tr> <tr><td>x</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td></tr> </table>	x	x	x	x	x	x	x	x	0	x	x	x	0	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	B^8 <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
x	x	x	x	x																																																
x	x	x	0	x																																																
x	x	0	x	x																																																
x	x	x	x	x																																																
x	x	x	x	x																																																
0	0	0	0	0																																																
0	0	0	1	0																																																
0	0	1	0	0																																																
0	0	0	0	0																																																
0	0	0	0	0																																																

При цьому «x» означає, що даний елемент виключається з процесу обробки і в подальшому не розглядається.

2. Формування бінарних зрізів еталонного зображення.

Еталоне напівтонове зображення представимо у вигляді матриці G^0 , що становить множину елементів (або пікселів) зображення $g(p, s)$, де $p = \{1, \dots, P\}$, а $s = \{1, \dots, S\}$, де S – кількість рядків, а P – кількість стовпців матриці:

$$G^0 = \begin{pmatrix} g(1,1) & g(1,2) & \dots & g(1,P) \\ g(2,1) & g(2,2) & \dots & g(2,P) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ g(S,1) & g(S,2) & \dots & g(S,P) \end{pmatrix} \quad (8)$$

При цьому для елементів $g(s, p)$ матриці еталонного зображення так саме виконується умова:

$$0 < g(p, s) < C, \quad (9)$$

де C – максимально можлива яскравість, і належить до області цілих невід’ємних чисел, а P і S є непарними числами. Також необхідно відмітити, що за умовою постановки задачі:

$$S < M, \text{ а } P < N, \quad (10)$$

тобто еталонне зображення менше за поточне.

Загалом, питання співвідношення розмірів поточного і еталонного зображень залежить від етапу 4 запропонованого підходу, тобто, вибору методу визначення положення кожного бінарного зрізу еталона на відповідному зрізі поточного зображення. Так, наприклад, при застосуванні відомого методу, представленого в [12] розміри поточного та еталонного зображень мають відповідати умові 10 і бути непарними.

За аналогією виразу (2) відбувається процес формування усічених зображень напівтонового еталонного зображення:

$$G^k(P, S) = G^{k-1}(P, S) - D(P, S) \quad (11)$$

Отже, за аналогією з виразом (3) і умовою (4) бінарні зрізи еталонного зображення будуть визначатись виразом (12) та умовою (13):

$$V^k(P, S) = \begin{pmatrix} v^k(1,1) & v^k(1,2) & \dots & v^k(1,P) \\ v^k(2,1) & v^k(2,2) & \dots & v^k(2,P) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ v^k(S,1) & v^k(S,2) & \dots & v^k(S,P) \end{pmatrix}, \quad (12)$$

де

**СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ І ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ
З ОБРОБКОЮ ТА РОЗПІЗНАВАННЯМ ЗОБРАЖЕНЬ**

$$v^k(s, p) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } v^k(s, p) = 0 \\ 0, & \text{якщо } v^k(s, p) \neq 0 \end{cases} \quad (13)$$

Приклад формування бінарних зрізів еталонного зображення наведено в табл. 2.

Отже, в результаті еталонне зображення представлено у вигляді відповідної структурної моделі як сукупність відповідних бінарних зрізів:

$$G^0(S, P) \Leftrightarrow \bigcup_{k=1}^{K_G} V^k(S, P) \quad (14)$$

де K_G – кількість зрізів еталонного зображення.

Таблиця 2

Приклад формування бінарних зрізів еталонного зображення

Номер кроку	Формування усіченого зображення	Формування відповідного бінарного зрізу	Номер кроку	Формування усіченого зображення	Формування відповідного бінарного зрізу																																				
0	G^0 <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>7</td><td>7</td><td>8</td></tr> <tr><td>7</td><td>8</td><td>6</td></tr> <tr><td>6</td><td>6</td><td>6</td></tr> </table>	7	7	8	7	8	6	6	6	6	V^0 <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	G^5 <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>2</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	2	2	3	2	3	1	1	1	1	V^5 <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	7	8																																							
7	8	6																																							
6	6	6																																							
0	0	0																																							
0	0	0																																							
0	0	0																																							
2	2	3																																							
2	3	1																																							
1	1	1																																							
0	0	0																																							
0	0	0																																							
0	0	0																																							
1	G^1 <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>6</td><td>6</td><td>7</td></tr> <tr><td>6</td><td>7</td><td>5</td></tr> <tr><td>5</td><td>5</td><td>5</td></tr> </table>	6	6	7	6	7	5	5	5	5	V^1 <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	G^6 <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>1</td><td>1</td><td>2</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	1	1	2	1	2	0	0	0	0	V^6 <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	0	0	0	0	0	1	1	1	1
6	6	7																																							
6	7	5																																							
5	5	5																																							
0	0	0																																							
0	0	0																																							
0	0	0																																							
1	1	2																																							
1	2	0																																							
0	0	0																																							
0	0	0																																							
0	0	1																																							
1	1	1																																							
2	G^2 <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>5</td><td>5</td><td>6</td></tr> <tr><td>5</td><td>6</td><td>4</td></tr> <tr><td>4</td><td>4</td><td>4</td></tr> </table>	5	5	6	5	6	4	4	4	4	V^2 <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	G^7 <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>x</td></tr> <tr><td>x</td><td>x</td><td>x</td></tr> </table>	0	0	1	0	1	x	x	x	x	V^7 <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	1	1	0	1	0	0	0	0	0
5	5	6																																							
5	6	4																																							
4	4	4																																							
0	0	0																																							
0	0	0																																							
0	0	0																																							
0	0	1																																							
0	1	x																																							
x	x	x																																							
1	1	0																																							
1	0	0																																							
0	0	0																																							
3	G^3 <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>4</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> </table>	4	4	5	4	5	3	3	3	3	V^3 <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	G^8 <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>x</td><td>x</td><td>0</td></tr> <tr><td>x</td><td>0</td><td>x</td></tr> <tr><td>x</td><td>x</td><td>x</td></tr> </table>	x	x	0	x	0	x	x	x	x	V^8 <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	0	0	1	0	1	0	0	0	0
4	4	5																																							
4	5	3																																							
3	3	3																																							
0	0	0																																							
0	0	0																																							
0	0	0																																							
x	x	0																																							
x	0	x																																							
x	x	x																																							
0	0	1																																							
0	1	0																																							
0	0	0																																							
4	G^4 <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>3</td><td>3</td><td>4</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>2</td></tr> <tr><td>2</td><td>2</td><td>2</td></tr> </table>	3	3	4	3	4	2	2	2	2	V^4 <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	0	0	0	0	0	0	0	0	0																					
3	3	4																																							
3	4	2																																							
2	2	2																																							
0	0	0																																							
0	0	0																																							
0	0	0																																							

3. При встановлення відповідності між зрізами еталону та поточного зображення можливі такі випадки:

- 1) кількість бінарних зрізів однакова і для поточного і для еталонного зображень, тобто $K_F = K_G$;
- 2) кількість зрізів поточного зображення більша за кількість зрізів еталонного зображення, тобто $K_F > K_G$;
- 3) кількість зрізів поточного зображення менша за кількість зрізів еталонного зображення, тобто $K_F < K_G$.

В першому випадку при встановленому однаковому кроці квантування задача розв'язується просто: кожному зрізу поточного зображення ставиться у відповідність зріз еталонного зображення з

СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ І ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ З ОБРОБКОЮ ТА РОЗПІЗНАВАННЯМ ЗОБРАЖЕНЬ

таким саме номером: $B^1 \leftrightarrow V^1, B^2 \leftrightarrow V^2, \dots, B^K \leftrightarrow V^K$, де « \leftrightarrow » означає відповідність.

В другому випадку відповідність встановлюється в зворотньому порядку, тобто починаючи із зрізів з максимальним значенням яскравості: $B^K \leftrightarrow V^K, B^{K-1} \leftrightarrow V^{K-1}, \dots$ Це дає можливість зменшити кількість операцій за рахунок виключення із процесу оброблення неінформативних зрізів.

Варіант третього випадку потребує попереднього узгодження поточного та еталонного зображень і не розглядається в рамках цієї роботи. Приклад встановлення відповідності для першого випадку наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Приклад встановлення відповідності між бінарними зрізами поточного зображення та бінарними зрізами еталонного зображення

Номер кроку	Відповідність зрізів	Бінарні зрізи поточного зображення	Бінарні зрізи еталонного зображення																																		
1	$B^1 \leftrightarrow V^1$	B^1 <table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> </table>	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	V^1 <table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0																																	
1	0	0	0	1																																	
0	0	0	0	1																																	
0	0	0	0	0																																	
0	0	0	1	0																																	
0	0	0																																			
0	0	0																																			
0	0	0																																			
2	$B^2 \leftrightarrow V^2$	B^2 <table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	V^2 <table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0																																	
0	0	0	0	0																																	
1	0	0	0	0																																	
0	0	0	0	1																																	
0	1	1	0	0																																	
0	0	0																																			
0	0	0																																			
0	0	0																																			
3	$B^3 \leftrightarrow V^3$	B^3 <table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> </table>	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	V^3 <table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	1																																	
0	0	0	0	0																																	
0	0	0	0	0																																	
1	0	0	0	0																																	
1	0	0	0	1																																	
0	0	0																																			
0	0	0																																			
0	0	0																																			
4	$B^4 \leftrightarrow V^4$	B^4 <table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	V^4 <table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0																																	
0	0	0	0	0																																	
0	0	0	0	0																																	
0	0	0	0	0																																	
0	0	0	0	0																																	
0	0	0																																			
0	0	0																																			
0	0	0																																			
5	$B^5 \leftrightarrow V^5$	B^5 <table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	V^5 <table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0																																	
0	0	0	0	0																																	
0	0	0	0	0																																	
0	0	0	0	0																																	
0	0	0	0	0																																	
0	0	0																																			
0	0	0																																			
0	0	0																																			
6	$B^6 \leftrightarrow V^6$	B^6 <table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	V^6 <table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	0	0	0	0	0	1	1	1	1
0	0	0	0	0																																	
0	0	0	0	0																																	
0	0	0	1	0																																	
0	1	1	1	0																																	
0	0	0	0	0																																	
0	0	0																																			
0	0	1																																			
1	1	1																																			

**СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ І ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ
З ОБРОБКОЮ ТА РОЗПІЗНАВАННЯМ ЗОБРАЖЕНЬ**

7	$B^7 \leftrightarrow V^7$	B^7 <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	V^7 <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	1	1	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0																																	
0	1	1	0	0																																	
0	1	0	0	0																																	
0	0	0	0	0																																	
0	0	0	0	0																																	
1	1	0																																			
1	0	0																																			
0	0	0																																			
8	$B^8 \leftrightarrow V^8$	B^8 <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	V^8 <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	0	0	1	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0																																	
0	0	0	1	0																																	
0	0	1	0	0																																	
0	0	0	0	0																																	
0	0	0	0	0																																	
0	0	1																																			
0	1	0																																			
0	0	0																																			

4. Визначення місцезоташування зрізів еталонів на відповідних зрізах поточного зображення.

Для прикладу, наведеного в табл. 3 було застосовано метод кореляційного оброблення з розгорткою еталонного зображення по спіралі [14]. Але так саме можна застосувати будь-який з методів, що вирішують цю задачу, наприклад, кореляційне оброблення з розгорткою еталонного зображення по рядках [15], метод згортки [1-3] та ін.

Умова визначення: якщо бінарний зріз еталонного зображення не містить одиничних елементів, то пошук еталону не відбувається.

На прикладі бінарних зрізів поточного зображення (табл. 3) знайдені еталони обведено потовщеною лінією, а їх центри виділено сірим кольором.

5. Аналіз отриманих результатів та визначення місцезоташування напівтонового еталонного зображення на напівтоновому поточному зображенні.

Можна помітити, що положення центрів визначених еталонів на всіх бінарних зрізах поточного зображення збігаються. На наведеному прикладі еталони визначаються на зрізах B^6 , B^7 та B^8 . Тобто, шуканий центральний елемент еталона на поточному напівтоновому зображенні буде знаходитись в точці розташування відповідних елементів вхідного поточного зображення. Отже, визначення місцезоташування еталонного напівтонового зображення на напівтоновому поточному зображенні визначається максимальним значенням збігів однакових положень на зрізах поточного зображення.

Необхідно зазначити, що з всієї кількості зрізів, що складають напівтонове зображення, в процесі оброблення задіяні лише ті, що відповідають зрізам еталона (в даному випадку - зрізи B^6 , B^7 та B^8). При цьому, процес визначення місцезоташування зрізів еталонів на відповідних зрізах поточного зображення (в табл. 3 представлений кроками 6, 7 та 8) може відбуватись паралельно.

Зрозуміло, що на реальних зображеннях можуть бути як визначення хибних місць розташування на зрізах, або визначення не одного, а кілька місць розташування на деяких зрізах. Ці аспекти є темою подальших досліджень і не розглядається в рамках даної роботи.

ВИСНОВКИ

1. Запропонований підхід дозволяє привести складноструктуроване на-півтонове зображення з великою кількістю рівнів яскравості до простих бінарних матриць, більша частина з яких просто виключається з процесу оброблення.

2. При цьому залишається вибір варіанту методу визначення бінарного зрізу еталону на полі бінарного зрізу поточного зображення. Цей вибір залежить від виду поточного зображення, його розмірів, наявності шумів та інших факторів.

3. Розглянутий підхід окрім задачі простої ідентифікації та виявлення еталонного об'єкту може слугувати основою для інших задач оброблення зображень, наприклад, сегментації та розпізнавання.

ПОДЯКА

Дослідження виконано за підтримки гранту Національного фонду досліджень України 2022.01/0135.

СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ І ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ З ОБРОБКОЮ ТА РОЗПІЗНАВАННЯМ ЗОБРАЖЕНЬ

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. William K. Pratt, Digital image processing, 2nd Edition. A Wiley-Interscience publication, Wiley, 1991
2. Richard E. Woods, Rafael C. Gonzalez, Digital Image Processing, 4th Edition, Global Edition, New York, 2018
3. Shapiro, L. G. and Stockman, G. C. [2001]. Computer Vision. Prentice Hall, UpperSaddle River, NJ.
4. Snowden, R., Thompson, P, and Troscianko, T. [2012]. Basic Vision: An Introduction to Visual Perception. Oxford University Press, Oxford, UK.
5. Snyder, W. E. and Qi, Hairong [2004]. *Machine Vision*, Cambridge University Press, New York, <https://doi.org/10.1017/CBO9781139168229>, eBook ISBN 9781139168229
6. Куссуль Н. М., Шелестов А. Ю., та Лавренюк А. М., Інтелектуальні обчислення : навч. посібник. Київ, Україна : Наукова думка, 2006. - 186 с.
7. Збруцький О. В., Савенко Ю. М., та Мішкін Д. С., «Мобільні роботи: можливості, перспективи, проблеми», *Механіка гіроскопічних систем : науково-технічний збірник*, Вип. 26, с. 112–120. 2013. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/17292>
8. John M. Holland, Designing Autonomous Mobile Robots: Inside The Mind of An Intelligent Machine, 2005. P. 113.
9. Невлюдов І. Ш., Андрусевич А. О., Євсєєв В. В., Новоселов С. П., Демська Н. П. Проектування мобільних маніпуляційних роботів: Монографія. – Х. :, 2022. – 427 с.
10. Blaschke, Thomas. Object based image analysis for remote sensing. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing* 65.1 (2010): 2-16.
11. Варфоломеєв А. Ю. Методи та алгоритми автоматичного відслідковування об'єктів на відеопослідовностях. Київ, Україна : Видавництво «К і М», 2013. – 110 с.
12. Babaryka Anatolii. Study of detection and tracking algorithms of moving objects in video sequences from video surveillance cameras. Conceptual and scientifically-methodical principles of realization of policy in the field of the state border security in Ukraine: collective monograph. Lviv-Toruń: Liha-Pres, 2019. Chapter 6. P. 89–105. DOI: <https://doi.org/10.36059/978-966-397-184-1/89-105>.
13. Зайченко Ю. П. Основи проектування інтелектуальних систем. Київ. Україна. Слово, 2004.
14. Муравський Л.І. Обробка бінарних фазових зображень в оптичних і оптико-цифрових кореляційних системах. – Тернопіль: серпень, 1999. – 187с.
15. Т. Б. Мартинюк, А. В. Кожем'яко, І. Ю. Видмиш, та Д. О. Шаромов, Нормалізована кореляційна обробка двовимірних зображень. *Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія*. №3(37). С. 44-50. 2016.
16. Л. І. Тимченко, Я. Г. Скорюкова, та В. О. Тишківська, «Сегментація зображень об'єктів за ознаками зв'язаності для задач технічного зору», *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*, № 2. С. 70-72. 2004.
17. Я. Г. Скорюкова, А. Л. Железняк, Л. І. Тимченко, О. І. Стасюк, та С. М. Марков, *Сегментація напівтонових зображень*. Монографія, Київ, Україна: ДЕТУ, 2008.
18. Wójcik, W., Pavlov, S., Kalimoldayev, M. (2019). Information Technology in Medical Diagnostics II. London: Taylor & Francis Group, CRC Press, Balkema book. – 336 Pages, <https://doi.org/10.1201/9780429057618>. eBook ISBN 9780429057618.

REFERENCES

1. William K. Pratt, Digital image processing, 2nd Edition. A Wiley-Interscience publication, Wiley, 1991
2. Richard E. Woods, Rafael C. Gonzalez, Digital Image Processing, 4th Edition, Global Edition, New York, 2018
3. Shapiro, L. G. and Stockman, G. C. [2001]. Computer Vision. Prentice Hall, UpperSaddle River, NJ.
4. Snowden, R., Thompson, P, and Troscianko, T. [2012]. Basic Vision: An Introduction to Visual Perception. Oxford University Press, Oxford, UK.
5. Snyder, W. E. and Qi, Hairong [2004]. *Machine Vision*, Cambridge University Press, New York, <https://doi.org/10.1017/CBO9781139168229>, eBook ISBN 9781139168229
6. Kussul N. M., Shelestov A. Yu., ta Lavreniuk A. M., Intelktualni obchyslennia : navch. posibnyk. Kyiv, Ukraina : Naukova dumka, 2006. - 186 s.
7. Zbrutskyi O. V., Savenko Yu. M., ta Mishkin D. S., «Mobilni roboty: mozhlyvosti, perspektyvy, problemy», *Mekhanika hiroskopichnykh system : naukovo-tekhnichnyi zbirnyk*, Vyp. 26, s. 112–120. 2013. [Elektronnyi resurs]. Rezhym dostupu: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/17292>
8. John M. Holland, Designing Autonomous Mobile Robots: Inside The Mind of An Intelligent Machine, 2005. P. 113.

**СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ І ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ
З ОБРОБКОЮ ТА РОЗПІЗНАВАННЯМ ЗОБРАЖЕНЬ**

9. Nevliudov I. Sh., Andrusievych A. O., Yevsieiev V. V., Novoselov S. P., Demska N. P. Proektuvannia mobilnykh manipuliatsiinykh robotiv: Monohrafiia. – Kh. :, 2022. – 427 s.
10. Blaschke, Thomas. Object based image analysis for remote sensing. ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing 65.1 (2010): 2-16.
11. Varfolomieiev A. Yu. Metody ta alhorytmy avtomatychnoho vidslidkovuvannia ob'ektiv na videoposlidovnostiakh. Kyiv, Ukraina : Vydavnytstvo «K i M», 2013. – 110 s.
12. Babaryka Anatolii. Study of detection and tracking algorithms of moving objects in video sequences from video surveillance cameras. Conceptual and scientifically-methodical principles of realization of policy in the field of the state border security in Ukraine: collective monograph. Lviv-Toruń: Liha-Pres, 2019. Vyp. Chapter 6. R. 89–105. DOI: <https://doi.org/10.36059/978-966-397-184-1/89-105>.
13. Zaichenko Yu. P. Osnovy proektuvannia intelektualnykh system. Kyiv. Ukraina. Slovo, 2004.
14. Muravskiy L.I. Obrobka binarnykh fazovykh zobrazen v optychnykh i optyko-tsyfrovyykh koreliatsiinykh systemakh. – Ternopil: serpen, 1999. – 187s.
15. T. B. Martyniuk, A. V. Kozhemiako, I. Yu. Vydmysh, ta D. O. Sharomov, Normalizovana koreliatsiina obrobka dvovymirnykh zobrazen. Informatsiini tekhnologii ta kompiuterna inzheneriia. №3(37). S. 44-50. 2016.
16. L. I. Tymchenko, Ya. H. Skoriukova, ta V. O. Tyshkivska, «Sehmentatsiia zobrazen ob'ektiv za oznakamy zviazanosti dlia zadach tekhnichnoho zoru», Vymiriuvalna ta obchysliuvalna tekhnika v tekhnolohichnykh protsesakh, № 2. S. 70-72. 2004.
17. Ia. H. Skoriukova, A. L. Zhelezniak, L. I. Tymchenko, O. I. Stasiuk, ta S. M. Markov, Sehmentatsiia napivtonovykh zobrazen. Monohrafiia, Kyiv, Ukraina: DETU, 2008.
18. Wójcik, W., Pavlov, S., Kalimoldayev, M. (2019). Information Technology in Medical Diagnostics II. London: Taylor & Francis Group, CRC Press, Balkema book. – 336 Pages, <https://doi.org/10.1201/9780429057618>. eBook ISBN 9780429057618.

Надійшла до редакції 10.06.2024р.

СКОРЮКОВА ЯНІНА ГЕРМАНІВНА – к.т.н., доцент, кафедри опору матеріалів, теоретичної механіки та інженерної графіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна, *e-mail: yaskor@vntu.edu.ua*

МАРТИНЮК ТЕТЯНА БОРИСІВНА – д.т.н., професор, професор кафедри обчислювальної техніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна, *e-mail: martyniuk.t.b@gmail.com*

МАРКОВ СЕРГІЙ МИХАЙЛОВИЧ – провідний інженер кафедри біомедичної інженерії та оптикоелектронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна, *e-mail: s.markov@vntu.edu.ua*

КОКУШКІН ВЛАДИСЛАВ МАКСИМОВИЧ – магістр кафедри програмного забезпечення Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна, *e-mail: kokushkinvlad@gmail.com*

Ya.G. SKORIUKOVA, T.B. MARTYNIUK, S.M. MARKOV, V.M. KOKUSHKIN
**FEATURES OF DETERMINING THE LOCATION OF THE REFERENCE IMAGE ON THE
CURRENT HALF-TONE USING THE METHOD OF BINARY SLICES**

Vinnytsia National Technical University