

Лабораторна робота № 3

МОРФОЛОГІЧНІ ОПЕРАЦІЇ НАД БІНАРНИМИ ЗОБРАЖЕННЯМИ

3.1 Мета роботи

Мета роботи – вивчення морфологічних операцій, функцій по реалізації морфологічних операцій.

Здобуття практичних навичок застосування морфологічних операцій над зображенням в системі MatLab.

3.2 Основні теоретичні відомості

Розглянемо кілька простих, але важливих взаємозв'язків між пікселями в цифровому зображенні. Розглянуті поняття широко застосовуються в обробці бінарних зображень і морфологічних операціях, при виділенні об'єктів і обчисленні їх ознак. Для визначеності в системі MatLab вважають, що пікселі зі значеннями, рівними 1, відносяться до об'єктам, а зі значеннями, рівними 0, - до тла.

Сусідні пікселі. Піксель p з координатами (x, y) має чотири горизонтальних і вертикальних сусідніх пікселя з координатами: $(x + 1, y)$, $(x-1, y)$, $(x, y + 1)$, $(x, y-1)$. Ця група пікселів x_1, x_3, x_5, x_7 , звана «чотири сусіда p » або «квартетом сусідів», позначається через $N_4(p)$:

x_4	x_3	x_2
x_5	p	x_1
x_6	x_7	x_8

Дані чотири пікселя знаходяться на одній відстані від (x, y) , а також деякі з сусідніх пікселів p можуть бути за межами цифрового зображення, якщо (x, y) знаходиться на кордоні зображення. Чотири діагональних сусідніх пікселя p мають координати

$$(x + 1, y + 1), (x + 1, y - 1), (x - 1, y + 1), (x - 1, y - 1)$$

та позначаються через $N_D(p)$. Ці точки разом з чотирма зазначеними вище називаються восьми-сусідами, або октетом сусідів пікселя p і позначаються через $N_8(p)$. Деякі з точок $N_D(p)$ та $N_8(p)$ також можуть виходити за межі зображення, якщо (x, y) знаходиться на кордоні зображення.

Об'єкт називається четирирозв'язний, якщо для кожного пікселя об'єкта серед квартету сусідніх пікселів існує хоча б один, рівний 1 та що належить цьому об'єкту.

Зв'язки. Об'єкт називається восьмизв'язний, якщо для кожного пікселя об'єкта серед октету сусідніх пікселів існує хоча б один, рівний 1 і що належить цьому об'єкту.

Аналогічні визначення зв'язності можна ввести для фону. Четирирозв'язність фону автоматично означає восьмизв'язність об'єктів та навпаки. Серед зв'язкових областей об'єктів можуть зустрічатися зв'язкові області з пікселів фону. Вони називаються дірками.

Морфологічні операції. Теорія морфології (морфологія – наука про форму) розглядає бінарне зображення у вигляді множин його пікселів переднього плану (зі значеннями 1), яке лежить в просторі Z^2 (двовірний простір). Над бінарними зображеннями можна здійснювати операції як над множинами за допомогою наступних логічних операцій MatLab:

OR (\cup) – логічне додавання – об'єднання множин $Z=\{z: z \in X \text{ or } z \in Y\} \rightarrow X \cup Y$;

AND ($\&$) – логічне множення – перетин множин $Z=\{z: z \in X, z \in Y\} \rightarrow X \cap Y$;

NOT (\sim) – заперечення – доповнення множин $Z=Z^c=\{z: z \notin X\}$;

DIFFERENCE ($X \setminus Y$) – різниця множин X та Y $Z=\{z: z \in X, z \notin Y\} \rightarrow X \setminus Y$.

Логічні операції MatLab, що застосовуються до бінарних зображеннях, приведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Логічні операції MatLab для бінарних зображень

Операції	Вирази в MatLab	Ім'я
$X \cup Y$	$X \& Y$	AND
$X \cup Y$	$X Y$	OR
X^c	$\sim X$	NOT
$X \setminus Y$	$X \& \sim Y$	DIFFERENCE

Центральним виразом множини Z називається множина, що визначається по формулі (3.1):

$$\hat{Z} = \{z : z = -X, z \in Z\} \quad (3.1)$$

Паралельний перенос (або зсув) множин Z в точці $x = x_1, x_2$ позначається $(Z)_x$ та задається формулою (3.2):

$$(Z)_x = \{z : z = z + X, z \in Z\} \quad (3.2)$$

Одним з основних понять математичної морфології є поняття структуроутворюючого, або структурного елемента. Структурний елемент B – це безліч, що складається з двох непересічних підмножин $B1$ і $B2$, для яких визначено загальне початок.

Функція створення структуроутворюючого елемента *strel*. Функція *strel* будує структуроутворюючі елементи різних форм і розмірів.

se = strel(shape, parameters),

де *se* - структуроутворюючий елемент; *shape* – рядок, що задає форму структуроутворюючого елемента; *parameters* – додаткові параметри, які уточнюють інформацію про його форми.

У табл. 3.2 наведені деякі варіанти завдання форми структуроутворюючого елемента.

Результатом виконання функції *strel* є так званий *strel*-об'єкт. Для його розкладання використовується функція *getsequence*.

decomp = getsequence (se)

Структуроутворюючі елементи розкладання можна отримати, індексуєчи змінну **decomp**.

Морфологічні операції дилатації і ерозії мають основоположне значення при морфологічній обробки зображень. Операція ерозії «утискає» або «стоншує» об'єкти довічних зображень. Операція дилатації «нарощує» або «потовщує» на об'єкти довічних зображеннях.

Спосіб і ступінь цих перетворень контролюється формою структурного елемента.

Таблиця 3.2 – Способи визначення структуроутворюючого елемента

Виклик функції <i>strel</i>	Форма	Додаткові параметри
<i>se = strel('diamond', R)</i>	ромб	R – відстань від центру структуроутворюючого елемента до крайньої точки ромбу
<i>se = strel('disk', R)</i>	коло	R – радіус структуроутворюючого елемента
<i>se = strel('line', LEN, DEG)</i>	лінійний елемент	LEN – довжина, DEG – кут нахилу лінії годинникової стрілки від горизонтальної осі (в градусах)

<code>se = strel('pair', OFFSET)</code>	Дві точки: перша знаходиться в центрі, а друга зсунута від першої на вектор OFFSET	OFFSET – двомірний вектор з невід’ємними цілими компонентами
<code>se = strel('rectangle', MN)</code>	прямокутник	MN – двомірний вектор з невід’ємними цілими компонентами, MN(1) – число рядків, MN(2) – число стовпців
<code>se = strel(NHOOD)</code>	Елемент довільної форми	NHOOD – матриця з нулів та одиниць, що задає його форму

Ерозія. Ерозією множин X по B називається множина

$$Y = X \ominus B = \{x: (B)_x \cap X^c = \emptyset\},$$

де \emptyset – порожня множина.

Ерозія X по B складається з пікселів з такими координатами, для яких зрушення множини в цю точку не перетинається з фоном зображення X . Ерозія виконується функцією `imerode` пакета IPT.

$$D = \text{imerode}(S, se),$$

де S – це двійкове або півтонування; se – матриця з нулів і одиниць, яка визначає структуроутворюючий елемент.

Завдання 1. Виконати ерозію зображення з файлу `gorod.bmp`. Видалити тонкі дроти з зображення зі збереженням всіх інших структур. Необхідно вибрати досить малий структурний елемент, щоб він містився всередині центрального квадрата, а також всередині товстих смужок біля меж, і досить великим, щоб він не поміщався усередині дротів, що видаляються.

```
[x,map] = imread('gorod.bmp');
I=im2double(ind2gray(x,map));
figure,imshow(I)
T=graythresh(I);
BW = I>T;
figure,imshow(I)
se = ones(15);
se(15,15) = 0;
se(15,1) = 0;
se(1,15) = 0;
se(1,1) = 0;
BW1 = imerode(BW,se);
figure,imshow(BW1)
se = ones(18);
se(18,18) = 0;
se(18,1) = 0;
se(1,18) = 0;
se(1,1) = 0;
BW1 = imerode(BW,se);
figure,imshow(BW1)
se = ones(60);
se(60,60) = 0;
se(60,1) = 0;
se(1,60) = 0;
se(1,1) = 0;
BW1 = imerode(BW,se);
figure,imshow(BW1)
```

Дилатація. Операцією, двоїстою до ерозії, є дилатація (dilatation), яка визначається наступним чином:

$$Y = X \oplus B = \{x: (\hat{B})_x \cap X \neq \emptyset\},$$

Дилатація виконується функцією `imdilate` пакета `IPT`.

$$D = \text{imdilate}(S, se),$$

де S - це двійкове або півтонування, se - матриця з нулів і одиниць, яка визначає структуроутворюючий елемент.

Завдання 2. Виконати дилатацію зображення з файлу *TextRoman.bmp*.

```
I = imread('TextRoman.bmp');
bw = I > 150;
figure, imshow(bw)
se = [0 1 0; 1 1 1; 0 1 0];
bw1 = imdilate(bw, se);
figure, imshow(bw1)
```

Ерозія і дилатація – операції, призначені в першу чергу для виявлення різних морфологічних особливостей зображення з використанням різних структурних елементів. Так, ерозія за допомогою кола з радіусом r дозволяє знайти в зображенні об'єкти, мінімальний поперечний розмір яких перевищує $2r$. Якщо в якості структурного елемента взяти дві точки, зміщення між якими визначається вектором h , ерозія дозволить виділити об'єкти, що мають сусідів у напрямку і на відстані, заданих цим вектором.

Завдання 3. Знайти об'єкти на зображенні файлу *rock.bmp*, поперечний розмір яких перевищує 50 пікселів за допомогою ерозії за допомогою кола з радіусом $r = 25$.

```
f1 = imread('rock.bmp');
I = im2double(rgb2gray(f1));
T = graythresh(I);
bw = I < T;
figure, imshow(bw)
title('original')
r = 25;
se = strel('disk', r)
bw1 = imerode(bw, se);
figure, imshow(bw1)
title('result')
```

Операції замикання і розмикання є комбінуванням дилатації і ерозії.

Замикання і розмикання. Морфологічне розмикання X по B позначається $X \circ B$ і визначається як ерозія X по B , після якої виконується дилатація результату по B :

$$Y = X \circ B = (X \ominus B) \oplus B.$$

Морфологічне замикання безлічі X по B позначається $X \bullet B$. Ця операція являє собою ерозію, застосовану до результату дилатації:

$$Y = X \bullet B = (X \oplus B) \ominus B.$$

Перетворення розмикання і замикання реалізовано функціями `imopen` та `imclose` відповідно.

$$D = \text{imopen}(S, se)$$

$$D = \text{imclose}(S, se),$$

де S – це двійкове або півтонування; se – матриця з нулів і одиниць, яка визначає структуроутворюючий елемент.

Завдання 4. Виділити об'єкти на зображенні файлу *kamen.bmp*, використовуючи операції замикання і розмикання.

```
[x,map]= imread('kamen.bmp');
figure,imshow(x,map)
I=im2double(ind2gray(x,map));
T=graythresh(I);
bw=im2bw(I,T);
figure,imshow(bw), title('bw')
R=18, se = strel('disk', R);
bwo=imopen(bw,se);
figure,imshow(bwo)
r=int2str(R);
s=cat(2,'bwo-',r)
title(s)
R=5;
se = strel('disk', R);
bwcl=imclose(bwo,se);
figure,imshow(bwcl)
r=int2str(R);
s=cat(2,'bwcl-',r)
title(s)
```

Морфологічна реконструкція. Для пошуку потрібних об'єктів зображення можна використовувати морфологічну реконструкцію. Одне зображення, яке називається маркером, є вихідною точкою перетворення. Інше зображення, маска, накладає певні обмеження (зв'язку) на відображення.

Якщо g – це маска (*mask*), а f – маркер (*marker*), то реконструкція g по f визначається наступною ітеративною процедурою.

1. Присвоїти h_i маркерне зображення f .
2. Побудувати структуроутворюючий елемент $B = ones(3)$.
3. Повторювати: $h_{i+k} = (h_k \oplus B) \cap g$ до тих пір, поки не стане $h_{i+k} = h_k$.

Маркер f повинен бути підмножиною g , т. е. $f \in g$.

Функція *imreconstruct* з пакета IPT виконує реконструкцію.

out = imreconstruct (marker, mask), де *marker* – це зображення-маркер; *mask* – це зображення-маска.

Завдання 5. Знайти в тексті з файлу *TextRoman.bmp* букви, у яких є довгі вертикальні рисочки.

```
I = imread('TextRoman.bmp');
I=im2double(I);
T=graythresh(I);
bw=I>T;
figure,imshow(bw)
title('original')
bwr = imopen(bw, ones(3, 1));
figure,imshow(bwr)
title('razmikanie')
bwR = imreconstruct(bwr, bw);
figure,imshow(bwR)
title('Rezult')
```

Функція bwmorph. Морфологічні операції над бінарним зображенням також можна виконати, використовуючи функцію *bwmorph*.

BW_D = bwmorph (BW_S, operation, n)

Функцією *bwmorph* створюється бінарне зображення BW_D при обробці морфологічним фільтром вихідного бінарного зображення BW_S n раз (по замовчуванням $n = 1$). Опис деяких морфологічних операцій приведено в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Морфологічні операції функції *bwmorph*

Тип операції	Опис
'erode'	Ерозія об'єкта. Приводить до заміни значень граничних пікселів об'єкта на нуль.
'dilate'	Нарощення об'єкта. Приводить до заміни пікселів фону, що граничать з об'єктом на одиницю.
'open'	Відкриття. Являє собою послідовне застосування ерозії і нарощення. Приводить до з'єднання областей фону, раніше роз'єднаних вузькими ділянками пікселів об'єкту.
'close'	Закриття. Являє собою послідовне застосування нарощення і ерозії. Приводить до видалення невеликих за площею фрагментів фону всередині об'єктів, наприклад «дірок».
'tophat'	«Верх капелюха». Відповідає відніманню з вихідного зображення результату його відкриття.
'bothat'	«Низ капелюха». Відповідає відніманню вихідного зображення з результатів його закриття.
'skel'	Побудова остову (скелету) об'єкта. Результат операції – зв'язкова лінія товщиною в один піксель, що проходить посередині
'thin'	Стоншує об'єкти без дірок до мінімальної середньої лінії. Стоншує об'єкти з дірами до кілець.
'shrink'	Стискає об'єкти без внутрішніх дірок в точки. Стискає об'єкти з дірками в кільця.
'thicken'	Потовщує об'єкти без з'єднання непов'язаних частин.

В структуроутворюючому елементі, який також називають маскою морфологічного фільтра, ненульові значення визначають, які з сусідніх пікселів слід враховувати при здійсненні операції. При ерозії бінарного зображення піксель вихідного зображення скидається в нуль, якщо хоча б один з пікселів околиці, відповідний ненульово елементу маски, дорівнює 0. При нарощуванні бінарного зображення піксель вихідного зображення встановлюється в 1, якщо хоча б один з пікселів околиці, відповідний ненульові елементи маски, дорівнює 1.

У функції *bwmorph* в операціях ерозії і нарощення використовується структуроутворюючий елемент 3×3 виду:

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}.$$

Дані правила застосовуються до всіх пікселів зображення.

Завдання 6. Розділити занадто злиплі об'єкти за допомогою морфологічних операцій. Для цього зображення піддається ерозії до тих пір, поки не зникне злипання об'єктів. В даному випадку необхідно 10 ітерацій ерозії. Результат ерозії поміщається в зображення BW2. потім для BW2 «товщають» об'єкти (будується остов фону). Результат логічного І зображень BW1&BW2 дає зображення з пікселями фону в місцях злипання об'єктів.

```
R = imread('rock.bmp');
I = im2double(rgb2gray(R));
T=graythresh(I);
BW1 = I<T;
figure, imshow(BW1)
BW2 = bwmorph(BW1, 'erode', 10);
figure, imshow(BW2)
title('erode')
BW3 = bwmorph(BW2, 'thicken', inf);
figure, imshow(BW3)
```

```

title('thicken')
BW4 = BW1&BW3;
figure,imshow(BW4)
title('Rezult')

```

3.3 Підготовка до роботи

Вивчити основні морфологічні операцій, функцій по реалізації морфологічних операцій та основні команди морфологічних операцій в *Matlab*. Виконати попередній аналіз початкових даних індивідуального завдання (табл. 3.1) та розробити програму для виконання цього завдання.

3.4 Виконання роботи

1. Знайти та видалити об'єкти на зображенні табл.3.1 (1), поперечний розмір яких не перевищує X пікселей (2) за допомогою ерозії використовуючи форму фігури з відповідними її параметрами (3).
2. Знайти та видалити об'єкти на зображенні табл.3.1 (1), поперечний розмір яких не перевищує X пікселей (2) за допомогою дилатації використовуючи форму фігури з відповідними (2) її параметрами (3).
3. Знайти в тексті з файлу TimesText.bmp літери, у яких є в літерах круглі елементи.
4. Розділити занадто злиплі об'єкти на зображенні табл.3.1 (4) за допомогою морфологічних операцій.

Таблиця 3.1

Варіант	Вхідні дані			
	1	2	3	4
1	<i>kamen.jpg</i>	10	ромб	<i>coffe.jpg</i>
2	<i>kamen1.jpg</i>	30	коло	<i>agglut.jpg</i>
3	<i>kamen.jpg</i>	10	квадрат	<i>coffe.jpg</i>
4	<i>kamen1.jpg</i>	32	коло	<i>agglut.jpg</i>
5	<i>kamen.jpg</i>	12	квадрат	<i>coffe.jpg</i>
6	<i>kamen1.jpg</i>	34	коло	<i>agglut.jpg</i>
7	<i>kamen.jpg</i>	12	ромб	<i>coffe.jpg</i>
8	<i>kamen1.jpg</i>	14	коло	<i>agglut.jpg</i>
9	<i>kamen.jpg</i>	36	квадрат	<i>coffe.jpg</i>
10	<i>kamen.jpg</i>	36	ромб	<i>agglut.jpg</i>
11	<i>kamen.jpg</i>	[3 0]	Дві крапки	<i>coffe.jpg</i>
12	<i>kamen1.jpg</i>	[0 3]	Дві крапки	<i>agglut.jpg</i>
13	<i>kamen.jpg</i>	38	квадрат	<i>coffe.jpg</i>
14	<i>kamen1.jpg</i>	16	коло	<i>agglut.jpg</i>
15	<i>kamen.jpg</i>	38	ромб	<i>coffe.jpg</i>
16	<i>kamen1.jpg</i>	14	коло	<i>agglut.jpg</i>
17	<i>kamen.jpg</i>	[5 0]	Дві крапки	<i>coffe.jpg</i>
18	<i>kamen.jpg</i>	[0 5]	Дві крапки	<i>agglut.jpg</i>
19	<i>kamen.jpg</i>	36	квадрат	<i>coffe.jpg</i>

20	<i>kamen1.jpg</i>	12	коло	<i>agglut.jpg</i>
21	<i>kamen.jpg</i>	34	ромб	<i>coffe.jpg</i>
22	<i>kamen1.jpg</i>	10	коло	<i>agglut.jpg</i>
23	<i>kamen.jpg</i>	[6 0]	Дві крапки	<i>coffe.jpg</i>
24	<i>kamen.jpg</i>	[0 6]	Дві крапки	<i>agglut.jpg</i>
25	<i>kamen.jpg</i>	32	квадрат	<i>coffe.jpg</i>
26	<i>kamen1.jpg</i>	10	коло	<i>agglut.jpg</i>
27	<i>kamen.jpg</i>	32	ромб	<i>coffe.jpg</i>
28	<i>kamen1.jpg</i>	15	коло	<i>agglut.jpg</i>
29	<i>kamen.jpg</i>	[4 0]	Дві крапки	<i>coffe.jpg</i>
30	<i>kamen1.jpg</i>	[0 4]	Дві крапки	<i>agglut.jpg</i>

3.5 Зміст звіту

1. Найменування і мета роботи.
2. Програма або програми для виконання завдань в п.3.4.
3. Результати виконання програм побудови вихідних зображень згідно завдань в п.3.4.
4. Висновки по роботі.
5. Відповіді на контрольні питання.

3.6 Контрольні запитання

1. Які логічні операції над бінарними зображеннями ви знаєте?
2. У чому призначення структуроутворюючого елемента в морфологічних операціях?
3. Для чого використовуються морфологічні операції?
4. Які морфологічні операції обробки зображення відносяться до базових?
5. Які операції є комбінуванням ерозії і дилатації?
6. Які функції пакета ІРТ виконують операції ерозії і дилатації, замикання, розмикання?