

КОМП'ЮТЕРНА ОБРОБКА ЗОБРАЖЕНЬ

Digital Image Processing - DIP

2021 / 2022 навчальний рік

МОДУЛЬ 4. Морфологічні перетворення

- 4.1. Математична морфологія
- 4.2. Бінарні логічні операції.
- 4.3. Морфологічні операції з
бінарними зображеннями

4.3. Морфологічні операції

Структурний елемент *B*

(логическая апертура)

Структурний елемент являє собою деяке двійкове зображення (геометричну форму). Може бути довільного розміру і структури, зазвичай розмір такого зображення має розмір 3x3, 4x4, 5x5 пікселів. Але і 10 x10, і більше.

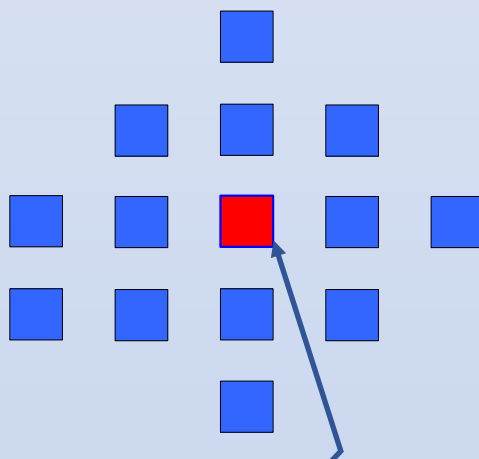
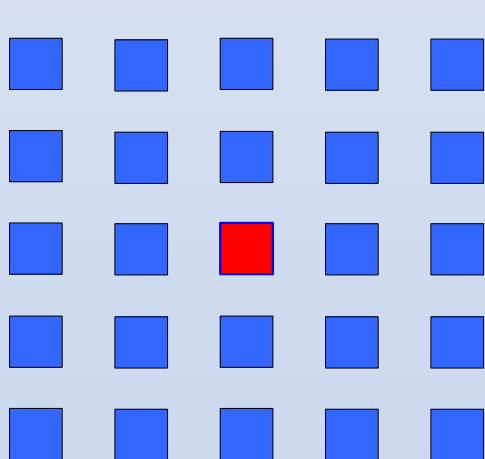
Структурний елемент *B*. Бінарна форма

Найбільш поширені структурні елементи для $E = \mathbb{Z}^2$

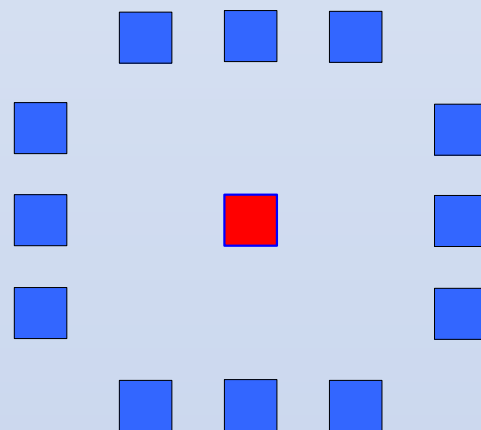
Прямокутник 5 X 5

Диск 5 X 5

Кільце 5 X 5



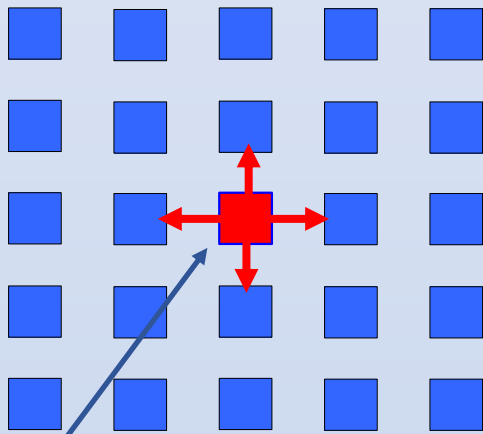
Origin



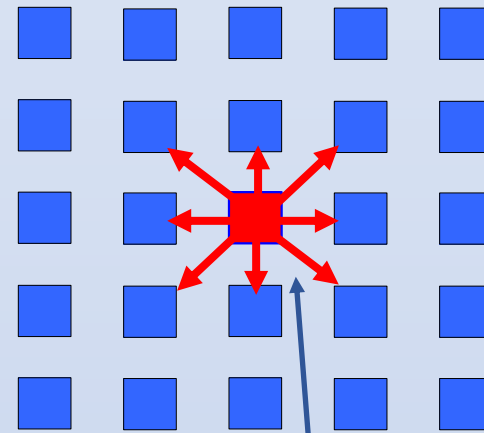
У кожному елементі виділяється особлива точка, яка називається початковою (origin).

Структурний елемент B . Зв'язність

Найбільш поширені структурні елементи для $E = \mathbb{Z}^2$



Четирьохзв'язний



Восьмизв'язний

Зв'язані елементи знаходяться на **одиничній** відстані

Структурний елемент B (для прикладів)

Індексація пікселів зображення «під» структурним елементом - прямокутник 3×3

$I_{-1,-1} = I(i-1, j-1)$	$I_{-1,0} = I(i-1, j)$	$I_{-1,1} = I(i-1, j+1)$
$I_{0,-1} = I(i, j-1)$	$I_{0,0} = I(i, j)$	$I_{0,1} = I(i, j+1)$
$I_{1,-1} = I(i+1, j-1)$	$I_{1,-1} = I(i+1, j)$	$I_{1,1} = I(i+1, j+1)$


Індексація пікселів структурного елемента -
прямокутник 3×3

$B_{-1,-1}$	$B_{-1,0}$	$B_{-1,1}$
$B_{0,-1}$	$B_{0,0}$	$B_{-1,1}$
$B_{1,-1}$	$B_{1,0}$	$B_{-1,1}$

Origin

Базова морфологічна операція над двійковим зображенням

Для кожного пари (i,j) розраховується значення
пікселя за правилом


$$\hat{I} = \begin{cases} 1 & \text{if } (F(i,j)) \\ 0 & \text{if } (\text{not } F(i,j)) \end{cases}$$

New origin I

$$F(i,j) = \\ B(k \in \{-1, 0, 1\}, l \in \{-1, 0, 1\}) * I(i + k, j + l)$$

Виконання базової операції

На початку результат заповнюється 0, утворюючи повністю чорне зображення. Потім здійснюється зондування (сканування) вихідного зображення піксель за пікселем структурним елементом: на зображення «накладається» структурний елемент так, щоб поєдналися початкові точки і точка, що зондується. Потім перевіряється деяка умова на відповідність пікселів структурного елементу і точок зображення «під ним». Якщо умова виконується, то на результуючому зображенні у відповідному місці ставиться 1 (в деяких випадках буде додаватися не один одиничний піксель, а все одинички з структурного елементу).

Основні бінарні морфологічні операції

- **Трансляція** (перенесення) — зсуває зображення на задану кількість пікселів;
- **Дилація** (розширення, dilation) — збільшує область зображення;
- **Ерозія** (звуження, erosion) — зменшує область зображення;
- **Розкриття** (opening) — вилучає виступи на межах об'єктів (спочатку звуження, потім розширення);
- **Закриття** (closing) — заповнює отвори всередині й на межах (спочатку розширення, потім звуження).

Трансляція

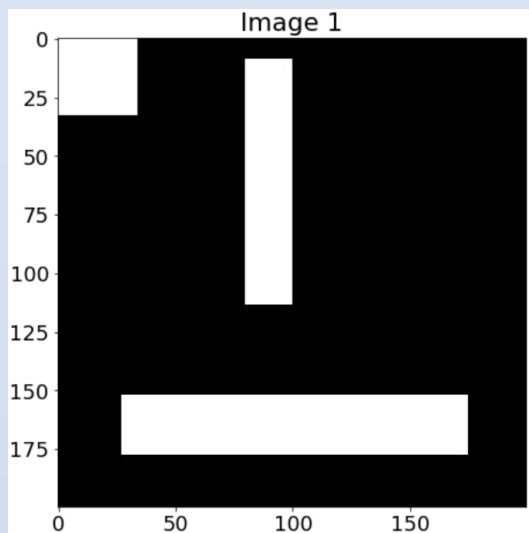
$$\hat{I} = \{p + s \mid p \in I\}, \forall s \in E$$

Перенос на заданий вектор $s(x, y)$ -
зміщення пікселів зображення на
«відстань» x, y , відповідно

Центральне Відображення

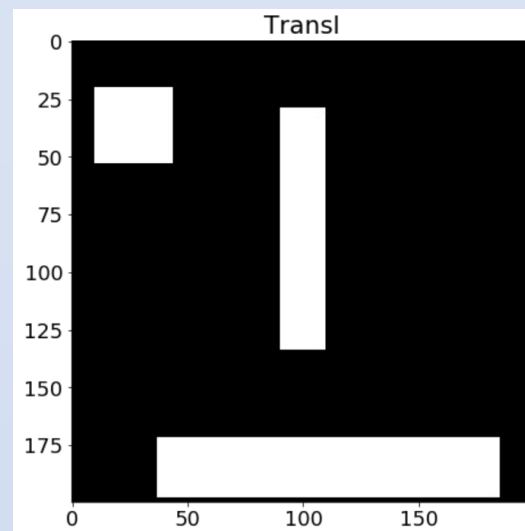
Перенос на заданий вектор $s(x, y) =$
 $C(x, y) - (x, y)$ зміщення пікселів
зображення на «мінус відстань», відносно
центру відображення відповідно

Трансляція

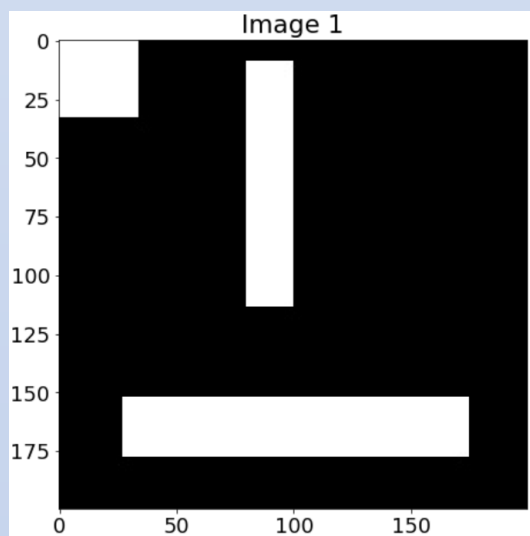


$$\Delta x = 20$$

$$\Delta y = 10$$

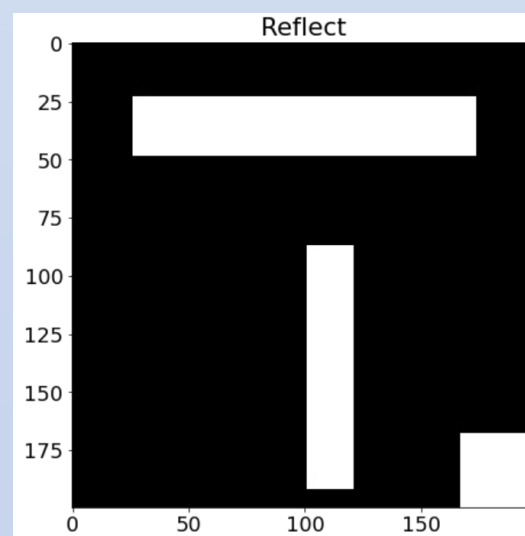


Центральне Відображення



$$Cx = 100$$

$$Cy = 100$$



Ерозія (звуження)

$$I \ominus B = \{z \in E \mid B_z \subseteq I\}$$

Ерозія зображення I по примітиву B , це таке геометричне місце точок для всіх таких позицій точок центру z , при зсуві яких множина B цілком міститься в I .
Зменшення площі об'єкту.

Спрощено: якщо хоча б один піксель чорний (нуль), то вихідний піксель також чорний (встановлюється в нуль).

Ерозія (звуження)

$$I \ominus B = \{z \in E \mid B_z \subseteq I\}$$

$$\hat{I}(i, j) = \begin{cases} 0: & \sum_{k=-1}^1 \sum_{l=-1}^1 (I(i-k, j-l) - B(k, l)) < 0 \\ I(i, j): & \text{else} \end{cases}$$

if $B(k, l) = 0$

$$\hat{I}(i, j) = \begin{cases} 0: & \sum_{k=0}^K \sum_{l=0}^L I(i-k, j-l) < 9 \\ I(i, j): & \text{else} \end{cases}$$

Мод.4.3. B - квадрат 3 X 3

Ерозія (звуження)

$$B = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$I =$$

0	0	0	0	0
0	1	1	1	0
0	1	1	1	0
0	1	1	1	0
0	0	0	0	0

Ерозія (звуження)

$$B = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

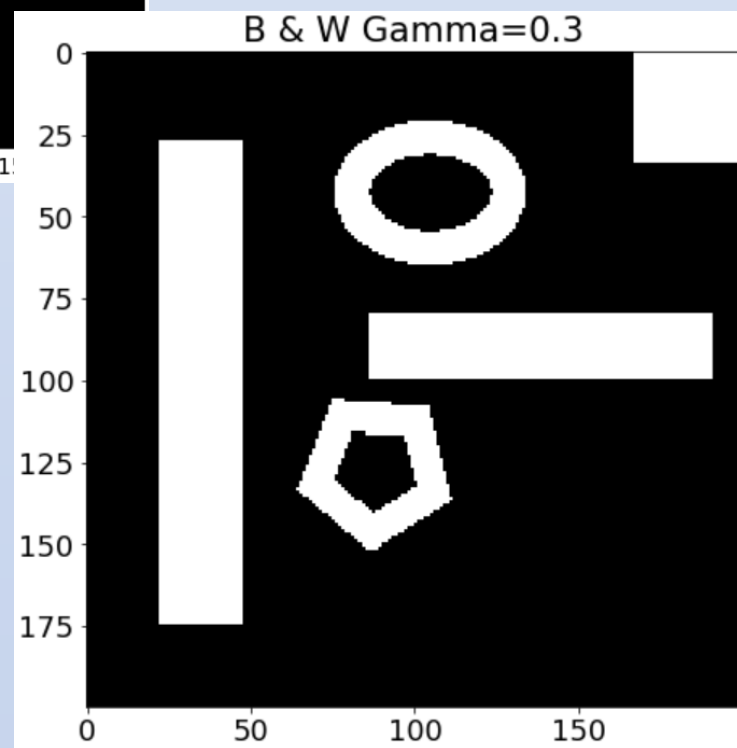
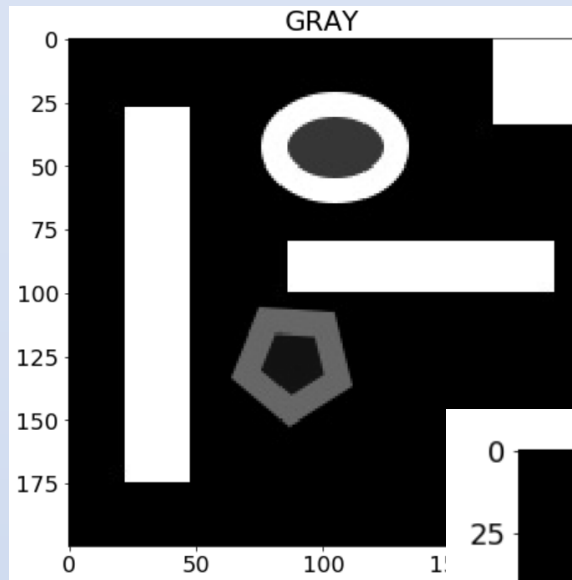
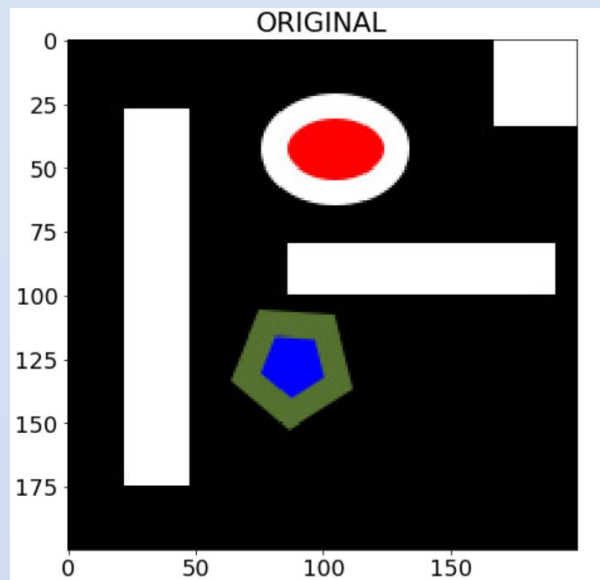
$I =$

0	0	0	0	0
0	1	1	1	0
0	1	1	1	0
0	1	1	1	0
0	0	0	0	0

$\hat{I} =$

0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	1	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

Ерозія (звуження)



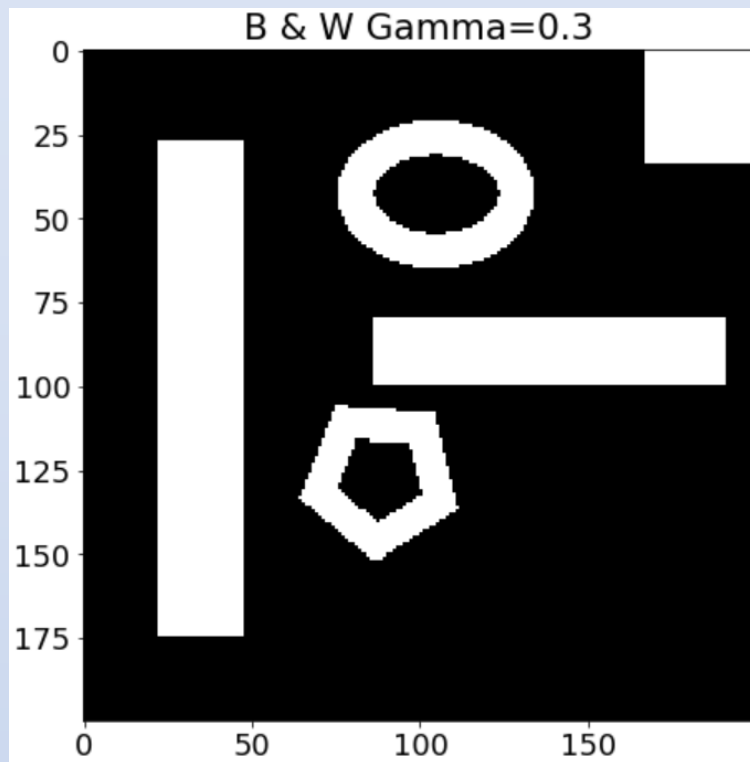
Оригінал

Півтонове

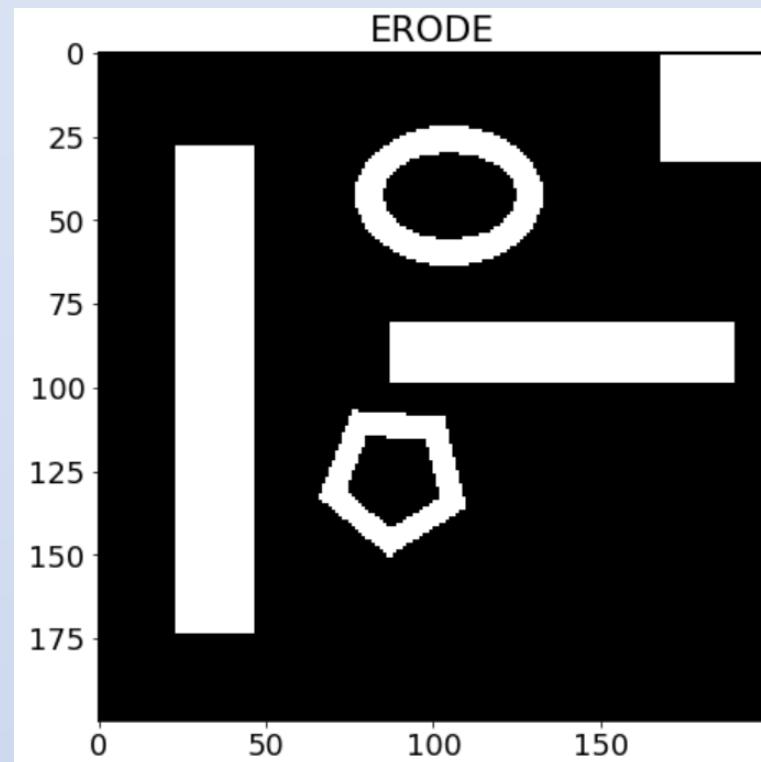
Чорно-біле

Ерозія (звуження)

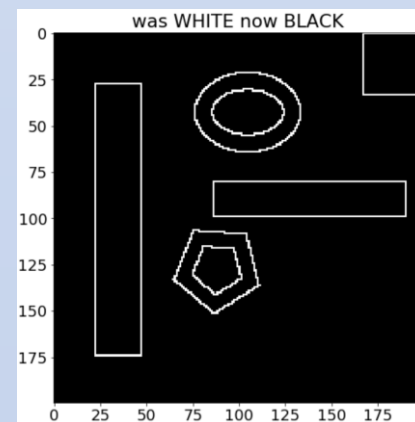
Erode



=

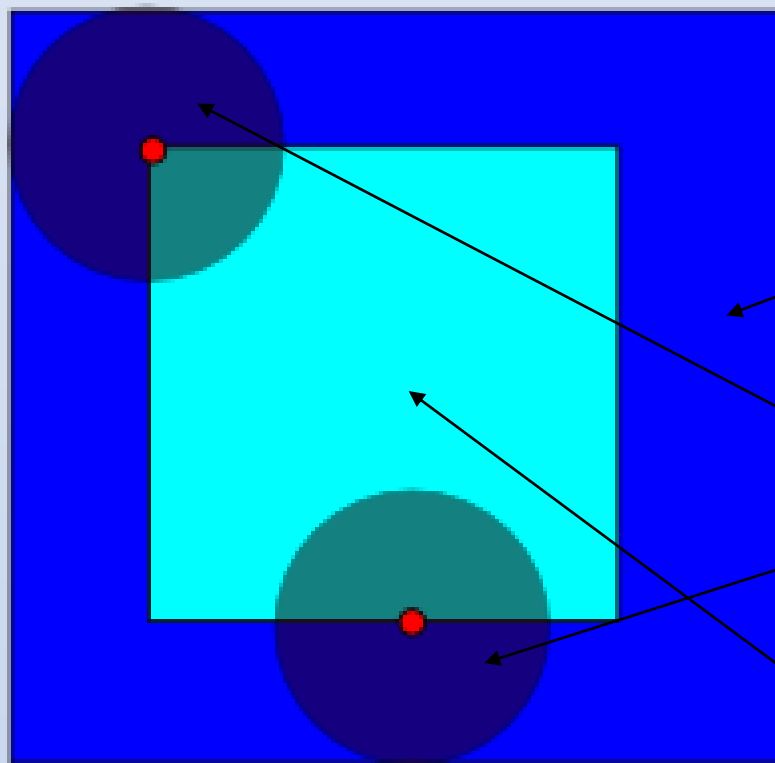


XOR



Мод.4.3.

Ерозія (звуження)



Вихідне зображення

Структурний елемент - диск

Результат ерозії

Дилатація (збільшення)

$$I \oplus B = \{z \in E \mid (B^s)_z \cap I \neq \emptyset\}$$

Дилатація зображення I по примітиву B , це множина всіх таких переміщень точок центру z , при зсуві яких множини I та B збігаються принаймні в одному елементі. Збільшення площі об'єкту.

Спрощено: якщо хоча б один піксель білий (одиниця), то вихідний піксель також білий (встановлюється в одиницю).

Дилатація (збільшення)

$$I \oplus B = \{z \in E \mid (B^s)_z \cap I \neq \emptyset\}$$

$$\hat{I}(i, j) = \begin{cases} 0: & \sum_{k=-1}^1 \sum_{l=-1}^1 (I(i-k, j-l) - B(k, l)) > -9 \\ I(i, j): & \text{else} \end{cases}$$

if $B(k, l) = 0$

$$\hat{I}(i, j) = \begin{cases} 0: & \sum_{k=0}^K \sum_{l=0}^L I(i-k, j-l) > 0 \\ I(i, j): & \text{else} \end{cases}$$

Мод.4.3. B - квадрат 3 X 3

Дилатація (збільшення)

$$B = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$I =$$

0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	1	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

Дилатація (збільшення)

$$B = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

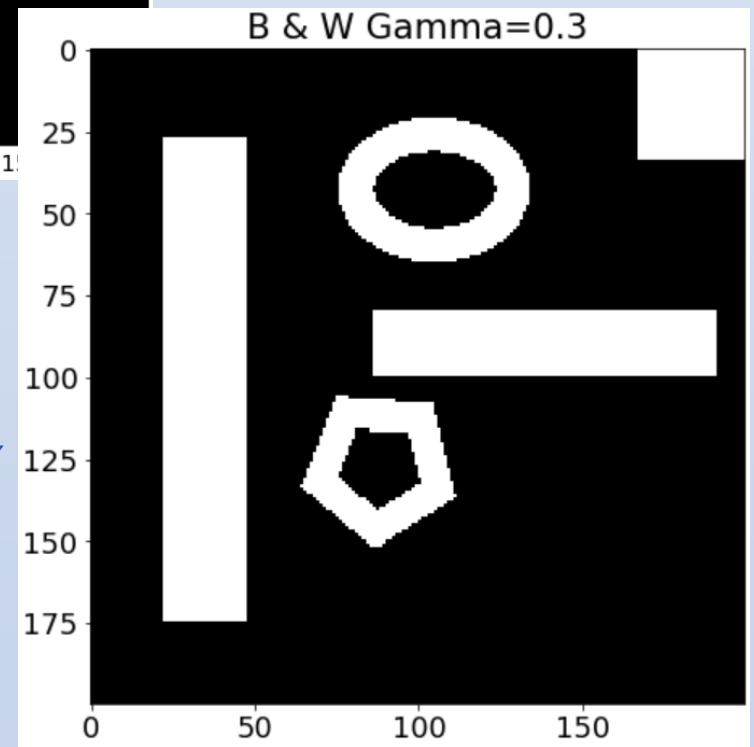
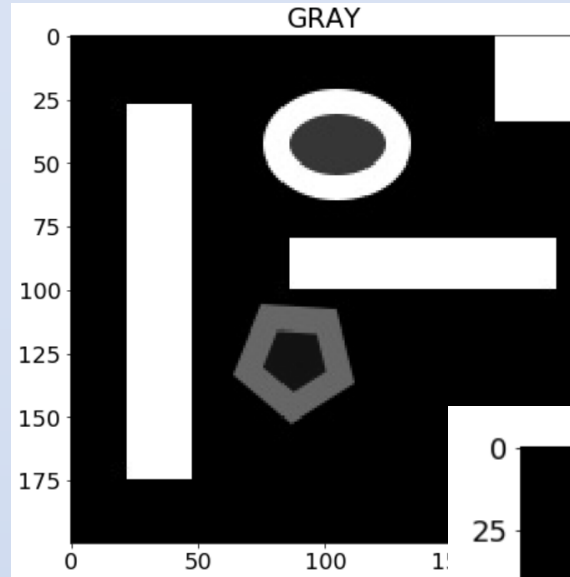
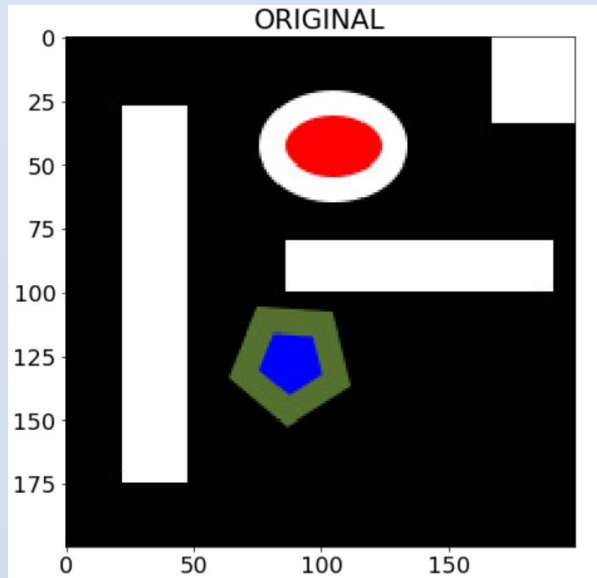
$I =$

0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	1	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

$\hat{I} =$

0	0	0	0	0
0	1	1	1	0
0	1	1	1	0
0	1	1	1	0
0	0	0	0	0

Дилатація (збільшення)



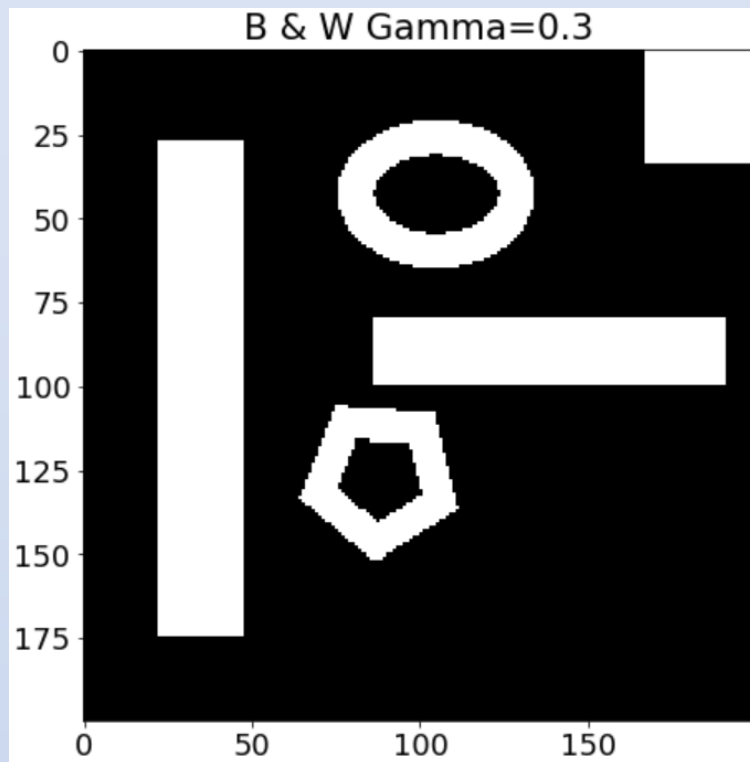
Оригінал

Півтонове

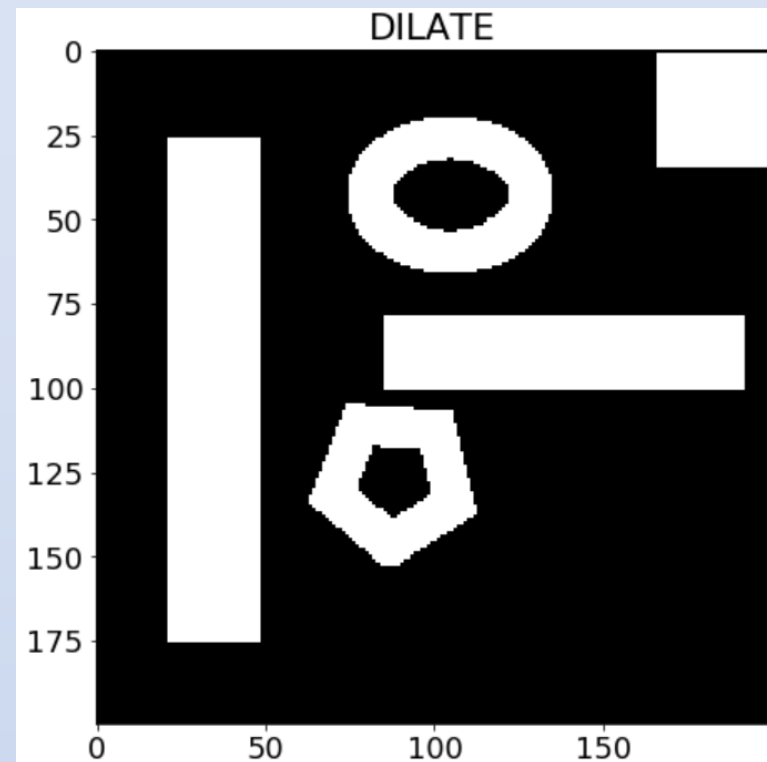
Чорно-біле

Дилатація (збільшення)

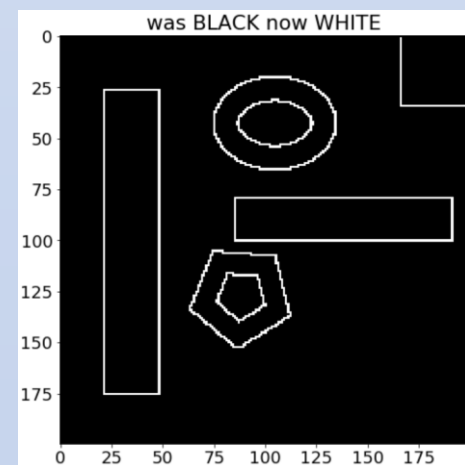
Dilate



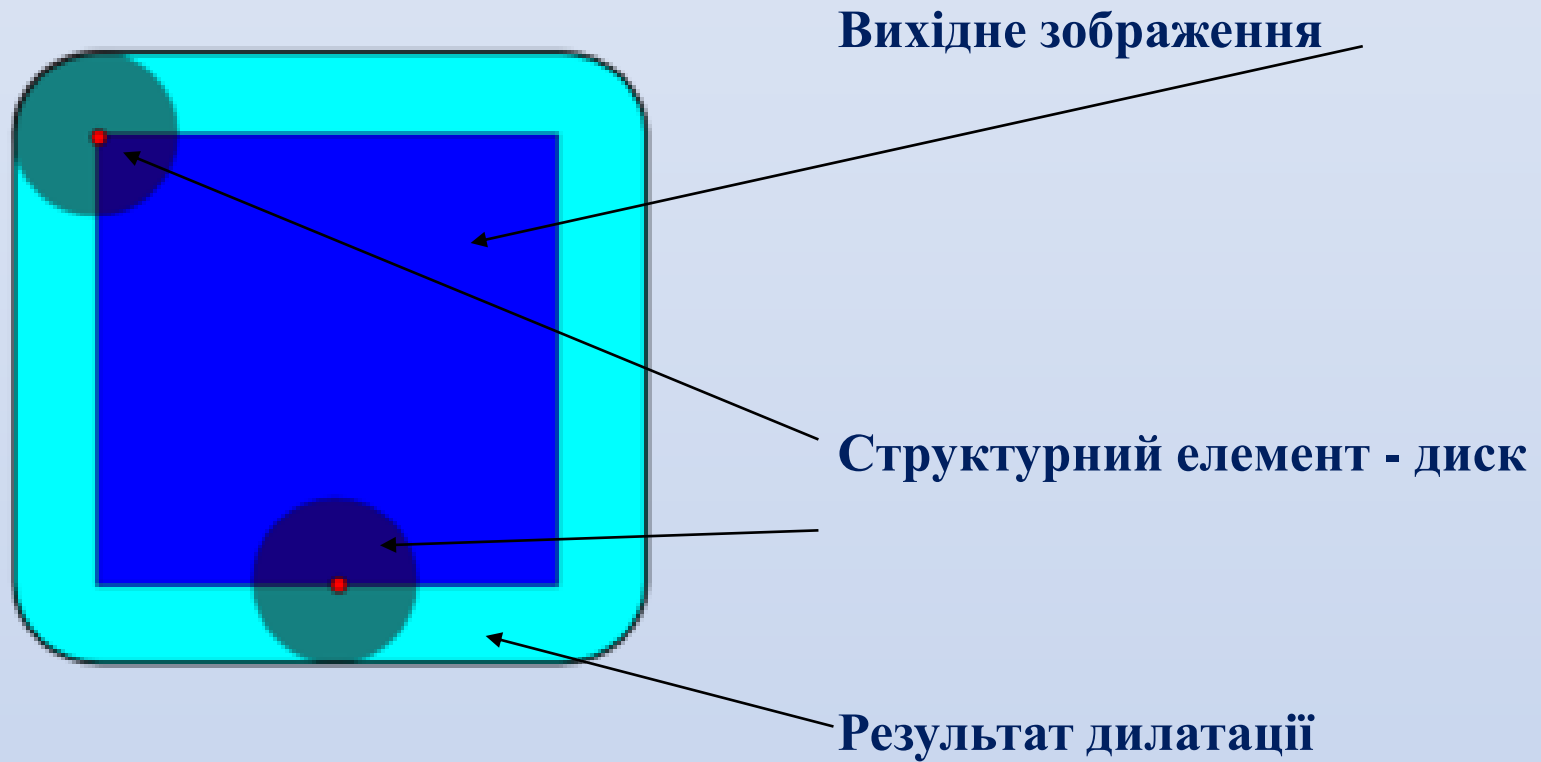
=



XOR



Дилатація (збільшення)



Розкриття (opening)

$$I \odot B = (I \ominus B) \oplus B$$

Розкриття - послідовне виконання операцій ерозії та дилатації зображення I по примітиву B .

Розкриття згладжує контури об'єкту, усуває вузькі перешийки і ліквідує виступи невеликої ширини.

Прибирає виступи на кордонах об'єктів

Розкриття (opening)

$$B = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$I =$

1	0	0	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	1	1
1	1	0	1	1
1	0	0	0	1

Розкриття (opening)

$$B = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

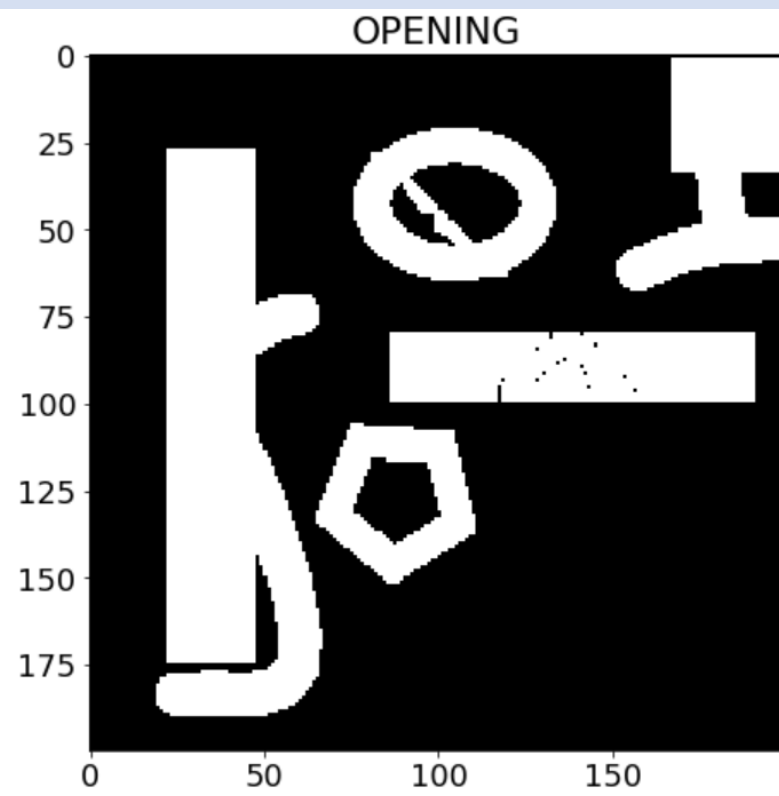
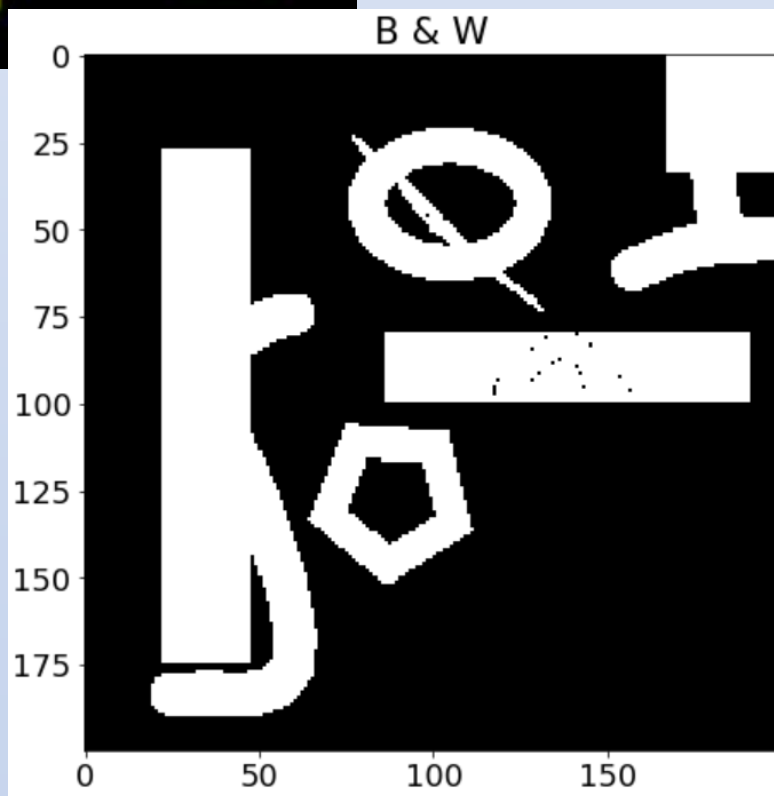
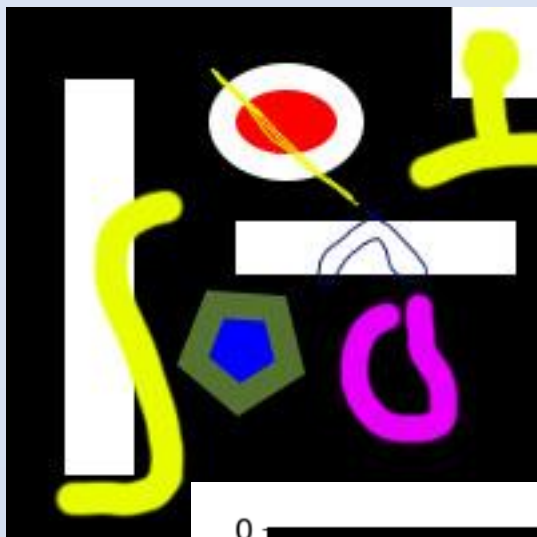
$I =$

1	0	0	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	1	1
1	1	0	1	1
1	0	0	0	1

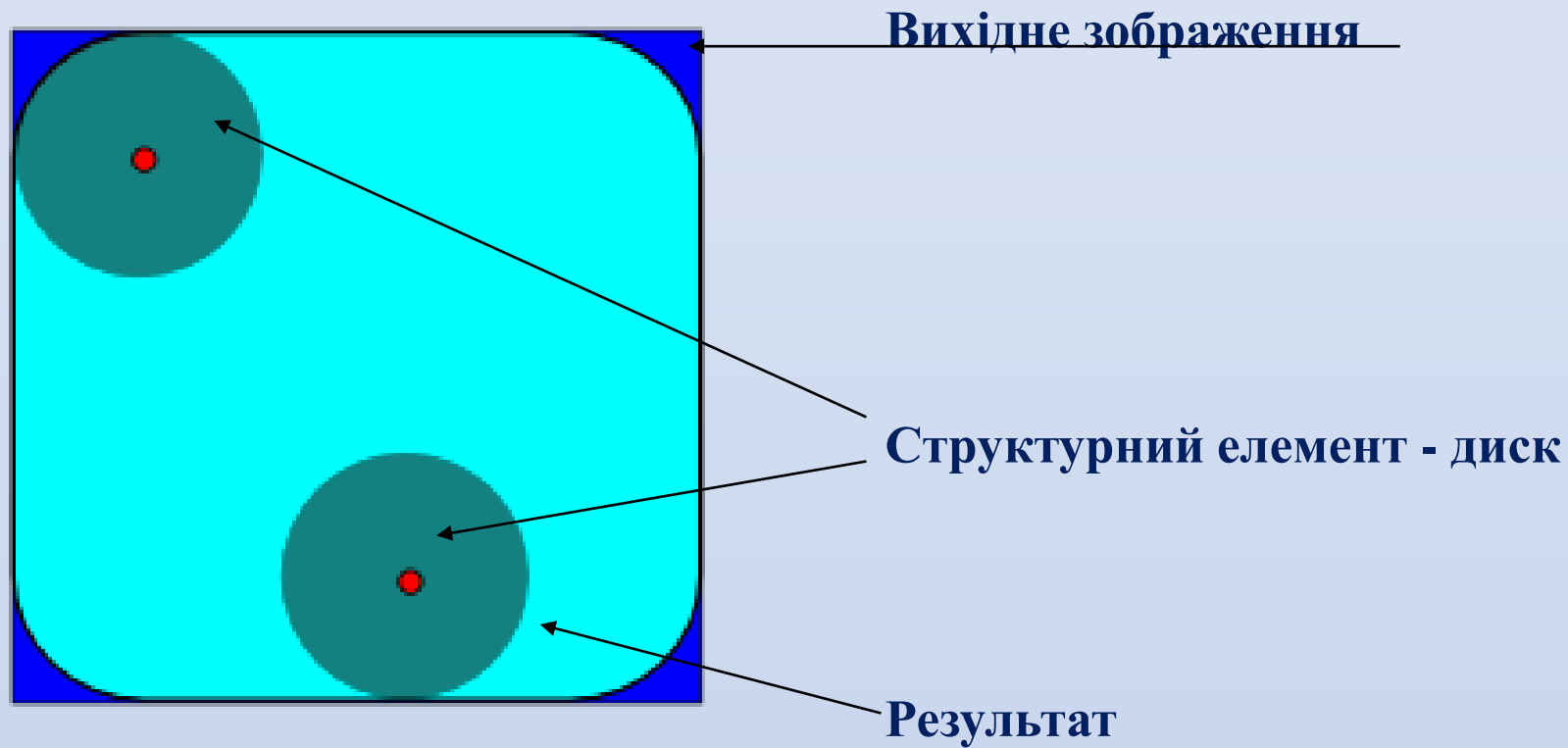
$\hat{I} =$

0	0	0	0	0
1	1	0	1	1
1	1	0	1	1
1	1	0	1	1
0	0	0	0	0

Розкриття



Розкриття



Закриття (closing)

$$I \odot B = (I \oplus B) \ominus B$$

Закриття - послідовне виконання операцій дилатації та звуження зображення *I* по примітиву *B*.

Закриття згладжує відрізки контурів об'єкту, заповнює невеликі розриви і довгі заглибини невеликої ширини, ліквідує невеликі отвори.

Заповнює отвори всередині і на кордонах

Закриття (closing)

$$B = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$I =$$

0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
1	1	0	1	1
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

Закриття (closing)

$$B = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

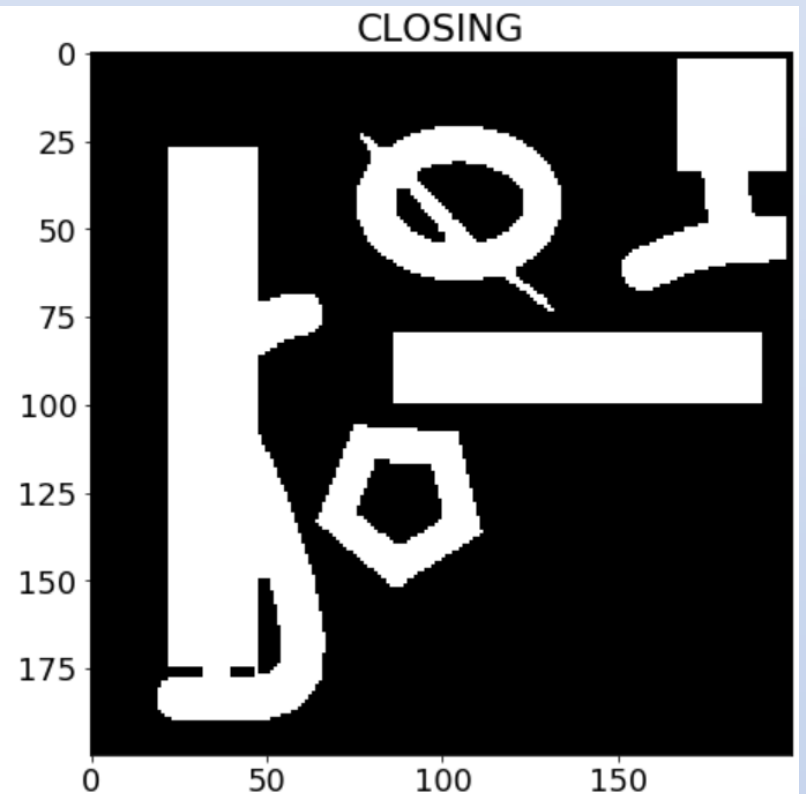
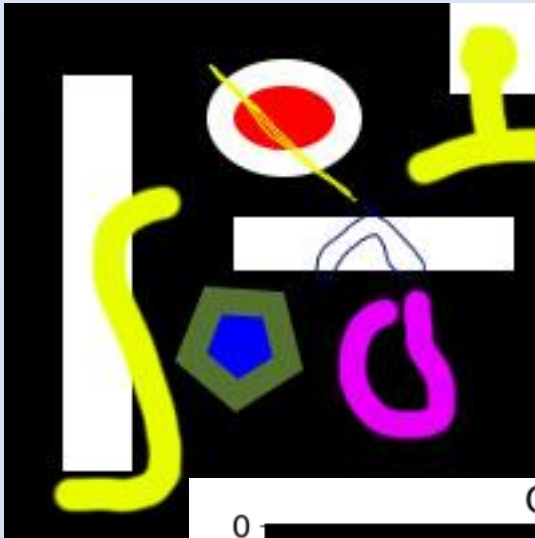
$I =$

0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
1	1	0	1	1
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

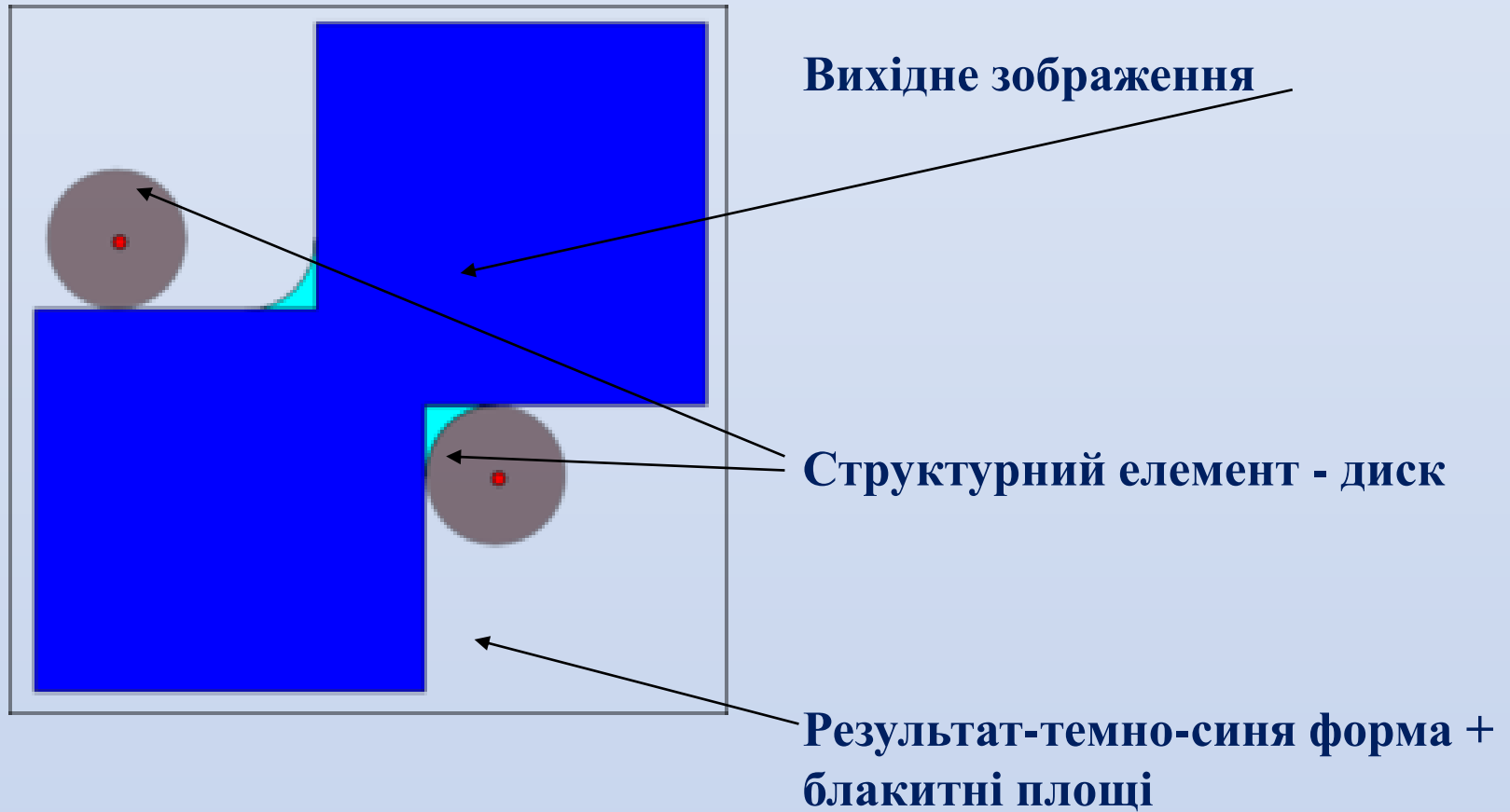
$\hat{I} =$

0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
1	1	1	1	1
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

Закриття



Закриття



Закриття -- Відкриття



Скелетизація

Багаторазове повторення операції *Ерозія* до граничного рівня.

Скелетизація перетворює об'єкти на бінарному зображенні в набір простих цифрових ліній (або дуг), які приблизно лежать уздовж серединної осі об'єктів (лінії центрів). Отримана структура не зазнає впливу малих перегинів на об'єкті зображення. Алгоритм рекурсивно видаляє прості точки кордонів, у яких більше одного сусіда. За допомогою цього алгоритму кінцеві точки тонких дуг зберігаються.

Скелетизація

original



skeleton



Розширений перелік морфологічних операцій

- **Стоншення** (thin);
- **Стовщення** (thicken);
- **Усічення** (spur);
- **«Міст»** (bridge);
- **Заповнення** (fill) ;
- Та інші

Пакет SkilImage

Пакет `skimage.morphology`

- `dilation`
- `erosion`
- `closing`
- `opening`
- `skeletonize`
-

<https://scikit-image.org/docs/stable/api/skimage.morphology.html>

Рекомендована ЛІТЕРАТУРА

- **Вовк С.М., Гнатушенко В.В., Бондаренко М.В.** Методи обробки зображень та комп'ютерний зір: навчальний посібник. - Д.: Ліра, 2016 — 148 с.
- **Красильников Н.Н.** Цифровая обработка 2D- и 3D-изображений: учеб.пособие.- СПб.: БХВ-Петербург, 2011.- 608 с.: ил.
- **Гонсалес Р.С., Вудс Р.Э.** Цифровая обработка изображений. - М. : Техносфера, 2005. -1070 с.
- **Визильтер Ю.В., Желтов С.Ю. и др.** Обработка и анализ изображений в задачах машинного зрения.-М.: Физматкнига, 2010.-672 с.

Рекомендована ЛІТЕРАТУРА

- **Ватолин Д., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В.** Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео. - М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. - 384 с.
- **Творошенко І.С.** Конспект лекцій з дисципліни «Цифрова обробка зображень» / І.С.Творошенко : І. С. Творошенко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 75 с.
- Методы компьютерной обработки изображений: Учебное пособие для ВУЗов/ Под ред.: **Сойфер В.А..** - 2-е изд., испр. - М.: Физматлит, 2003. - 780 с.
- **Фисенко В.Т., Фисенко Т.Ю.** Компьютерная обработка и распознавание изображений: учеб. пособие. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. – 192 с.

Додаткова ЛІТЕРАТУРА

- **Грузман И.С., Киричук В.С.** Цифровая обработка изображений в информационных системах. — Новосибирск: Изд-во НГУ, 2002. — 352 с.: ил.
- **Solomon C., Breckon T.** Fundamentals of Digital Image Processing. — Willey-Blackwell, 2011 - 344 p.
- **Павлидис Т.** Алгоритмы машинной графики и обработки изображений: Пер. с англ. - М.: Радио и связь, 1986. — 400 с.
- **Яншин В. В., Калинин Г. А.** Обработка изображений на языке Си для IBM PC: Алгоритмы и программы. — М.: Мир, 1994. — 240 с.

Інформаційні ресурси

- Компьютерная обработка изображений. Конспект лекций. http://aco.ifmo.ru/el_books/image_processing/
- Цифрова обробка зображень [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт / НТУУ «КПІ» ; уклад.: В. С. Лазебний, П. В. Попович. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,41 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 73 с. – <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/21035>
- <https://www.youtube.com/watch?v=CZ99Q0DQq3Y>
- <https://www.youtube.com/watch?v=FKTLW8GAdu4>

The END
Modulo 4. Topic 3