

КОМП'ЮТЕРНА ОБРОБКА ЗОБРАЖЕНЬ

Digital Image Processing - DIP

2021 / 2022 навчальний рік

МОДУЛЬ 2. Фільтрація зображень

2.1. Загальні відомості з цифрової фільтрації двовимірних сигналів.

Базові маніпуляції

2.2. Лінійні фільтри. Фільтр Гауса.

2.3. Нелінійні фільтри

2.4. Морфологічні перетворення

2.4.Математична морфологія

Математична морфологія

Математична морфологія - теорія і техніка аналізу і обробки геометричних структур.

Мета математичної морфології - аналіз зображення з точки зору форми.

Методи математичної морфології передбачають виконання перетворень, що змінюють форму об'єктів, які містяться на зображенні.

Математична морфологія заснована на теорії множин, топології і випадкових функціях.

Морфологія.

Застосовується при обробці цифрових зображень, але також може бути застосована до графів, полігональної сітки, стереометрії і багатьох інших просторових структур.

Дозволяє виділити

- геометричні параметри об'єктів;
- динамічні характеристики;
- семантику.

Морфологія.

Операції математичної морфології можуть виконуватися над кольоровими, чорно-білими (бінарними) зображеннями і зображеннями у відтінках сірого. Для цих трьох випадків формально вони визначаються по-різному.

В основі базових операцій математичної морфології для **бінарних зображень** лежать операції з теорії множин.

Бінарна морфологія.

Бінарне зображення представляється у вигляді упорядкованого набору (впорядкованої множини) чорно-білих пікселів (**0** і **1**).

Область зображення - деяка підмножина точок зображення.

Кожна операція бінарної морфології - деяке перетворення цієї множини.

Вихідні дані:

I - бінарне зображення;

B - певний структурний елемент.

Результат \hat{I} операції — також бінарне зображення.

Бінарна зображення. Визначення

$$I = \{p(x, y): 0 \leq x \leq W, 0 \leq y \leq H\}$$

W - ширина зображення

H - висота зображення

$$I = \{I(i, j): 0 \leq i \leq N, 0 \leq j \leq M\}$$

N - розмір зображення (пікселів) у висоту

M - розмір зображення (пікселів) у ширину

Геометричні параметри

Площа бінарного зображення

$$S = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} I(i, j)$$

S - кількість пікселів == 1

Координати центру мас (тяжіння)

$$i_c = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} i I(i, j) / S$$

$$j_c = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} j I(i, j) / S$$

Бінарна зображення. Логічні операції

Логічні операції виконуються для вирішення завдання виявлення об'єктів на зображенні і розпізнавання образів. !!! Двомісні операції: беруть участь два зображення A , B . Результат – зображення C .

AND

$$C = \{A_{i,j} \wedge B_{i,j} : 0 \leq i \leq N - 1, 0 \leq j \leq M - 1\}$$

OR

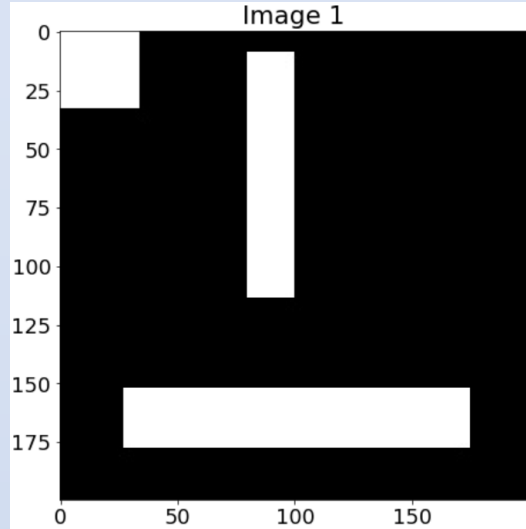
$$C = \{A_{i,j} \vee B_{i,j} : 0 \leq i \leq N - 1, 0 \leq j \leq M - 1\}$$

XOR

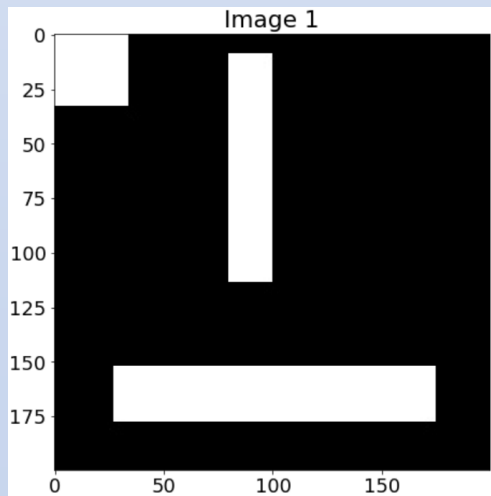
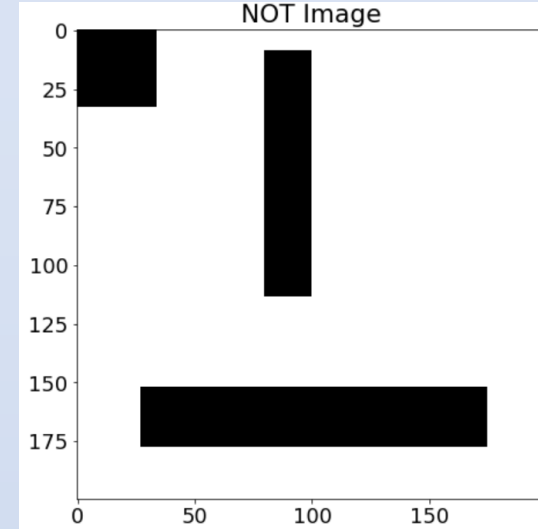
$$C = \{A_{i,j} \oplus B_{i,j} : 0 \leq i \leq N - 1, 0 \leq j \leq M - 1\}$$

Бінарна зображення. Логічні операції

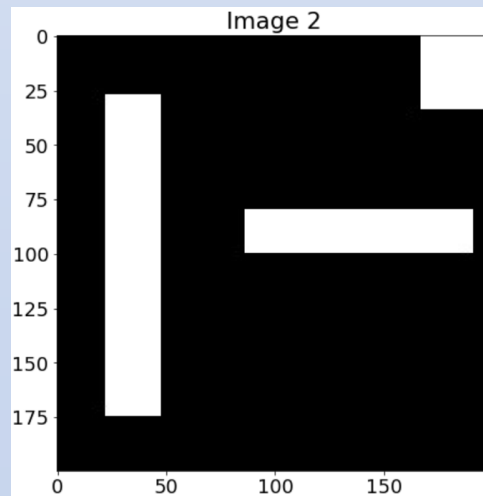
NOT



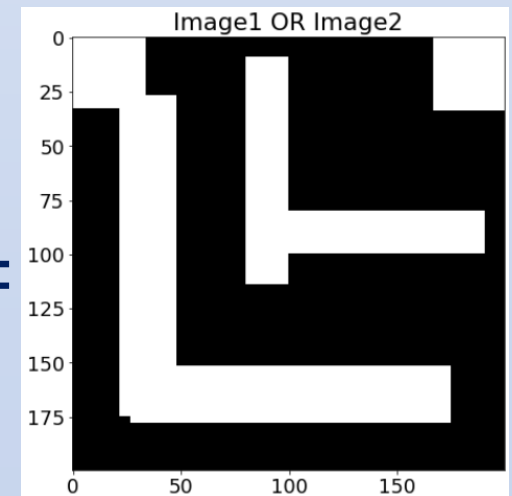
=



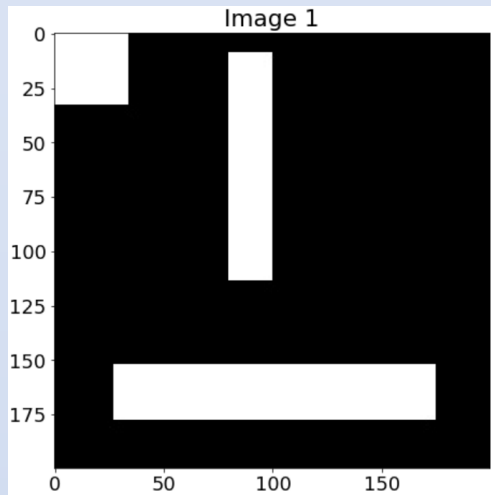
OR



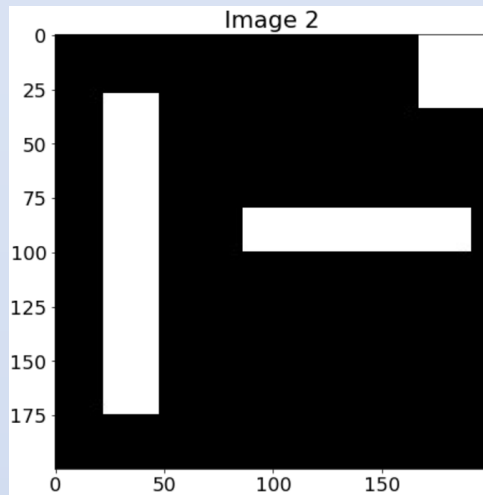
=



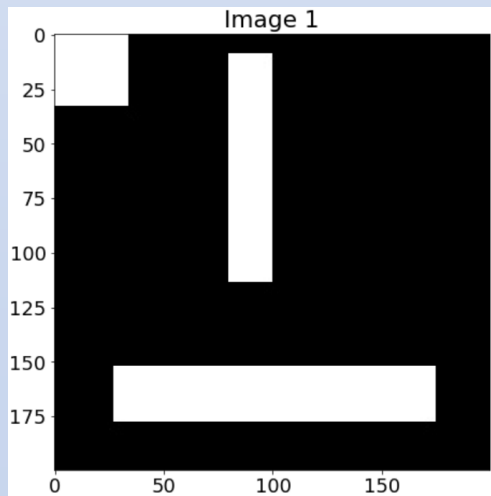
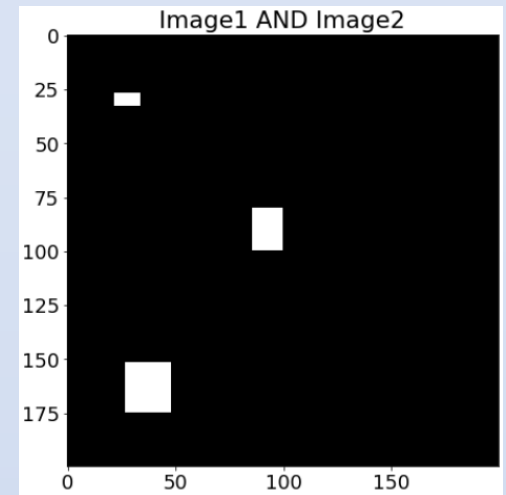
Бінарна зображення. Логічні операції



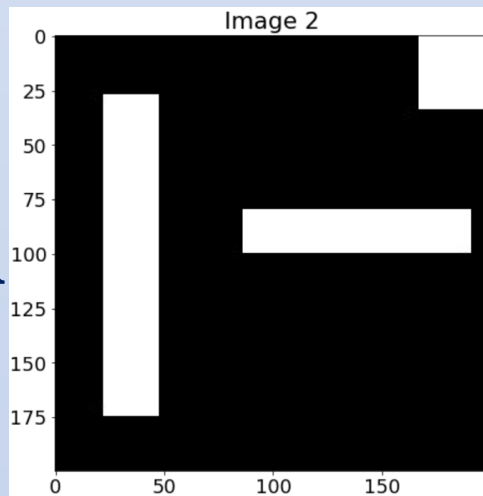
AND



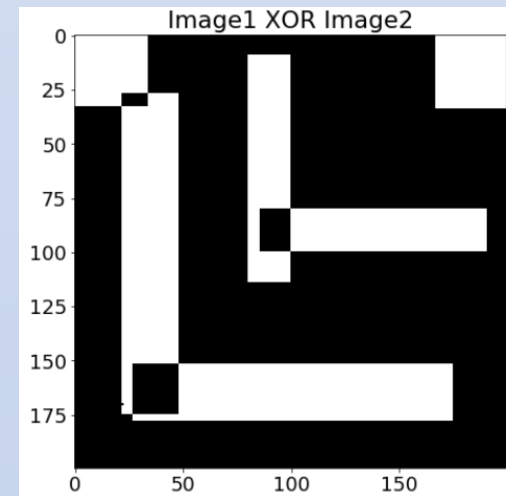
=



XOR



=



Бінарна зображення. Визначення

Структурний елемент *V*

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.

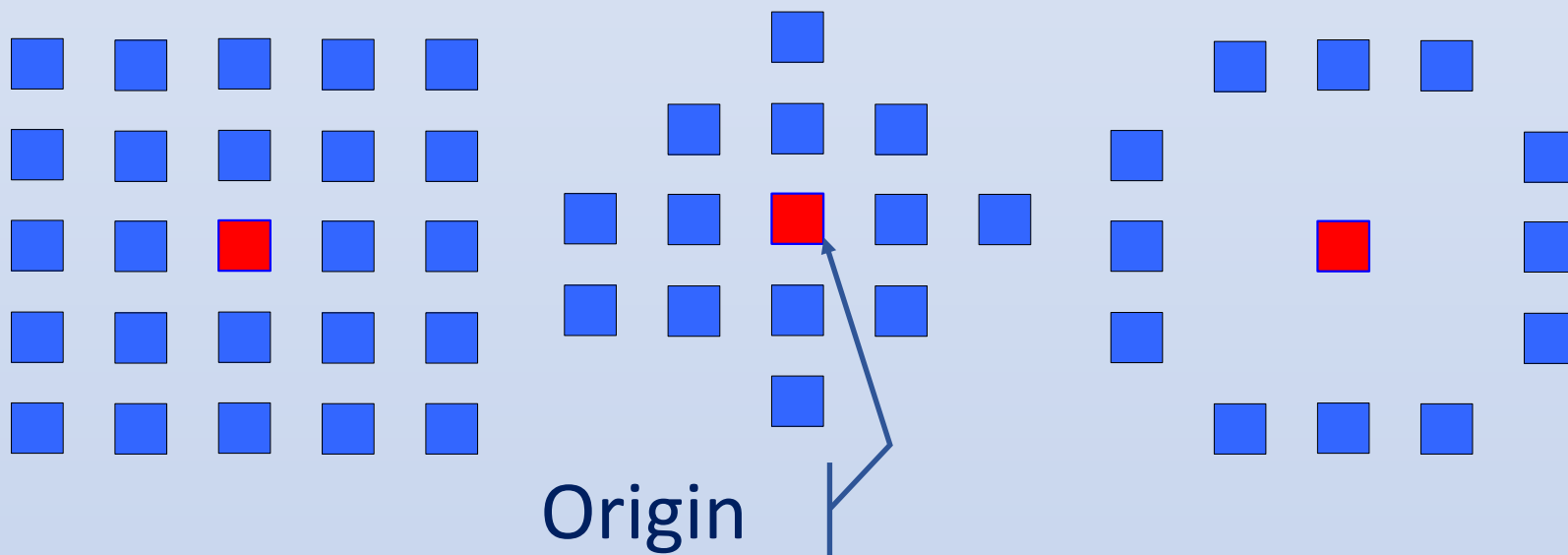
Структурний елемент *B*. Бінарна форма

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

Прямокутник 5 X 5

Диск 5 X 5

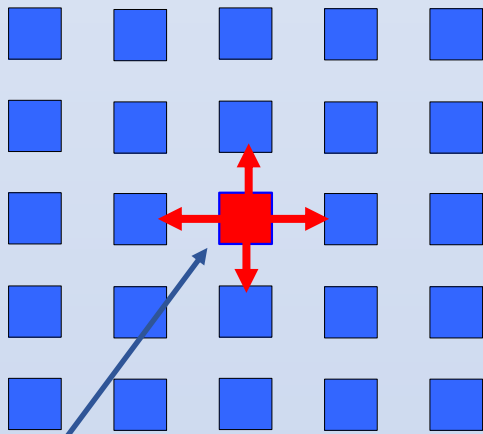
Кільце 5 X 5



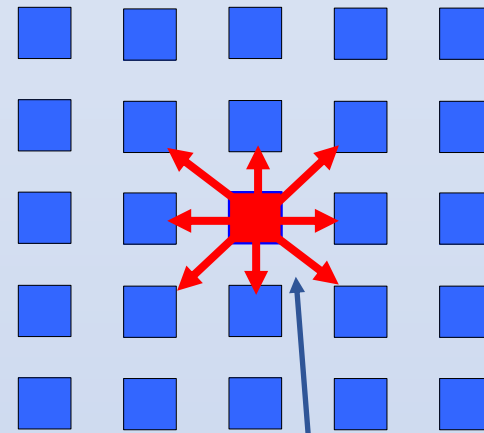
У кожному елементі виділяється особлива точка, яка називається початковою (origin).

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

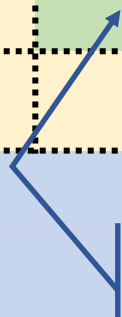
Структурний елемент B (для прикладів)

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

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).

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 елемента 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 елемента).

Трансляція

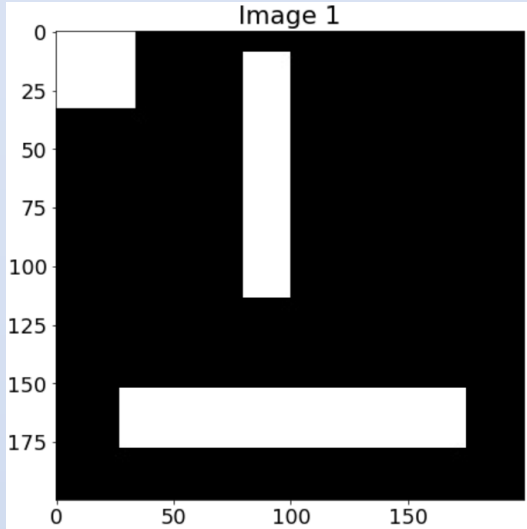
$$\hat{I} = \{p + s \mid p \in I\}, \forall s \in E$$

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

Центральне Відображення

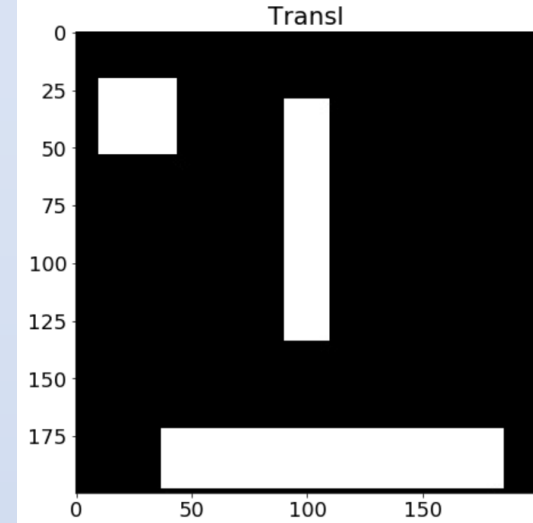
Перенос на заданий вектор $s(x, y) =$
 $C(x, y) - (x, y)$ зміщення пікселів
зображення на «мінус відстань», відносно
центру відображення відповідно

Трансляція

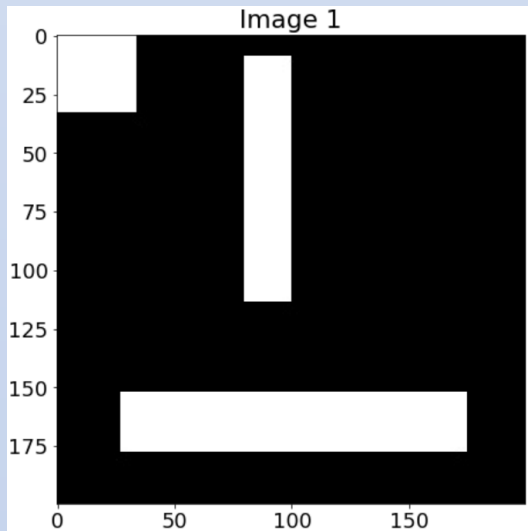


$$\Delta x = 20$$

$$\Delta y = 10$$

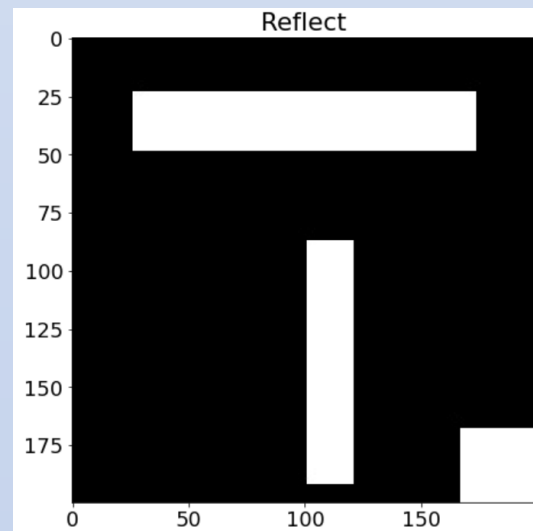


Центральне Відображення



$$Cx = 100$$

$$Cy = 100$$



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)

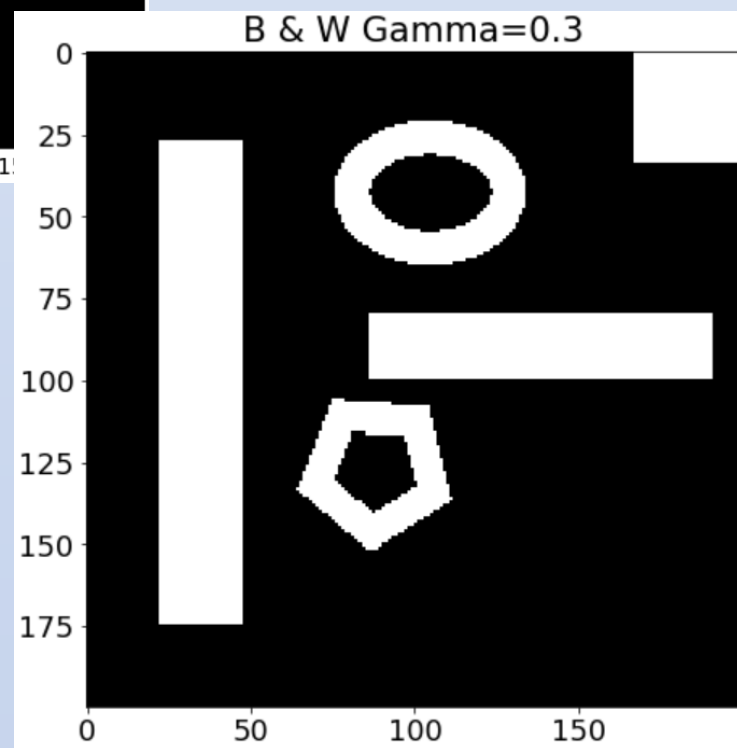
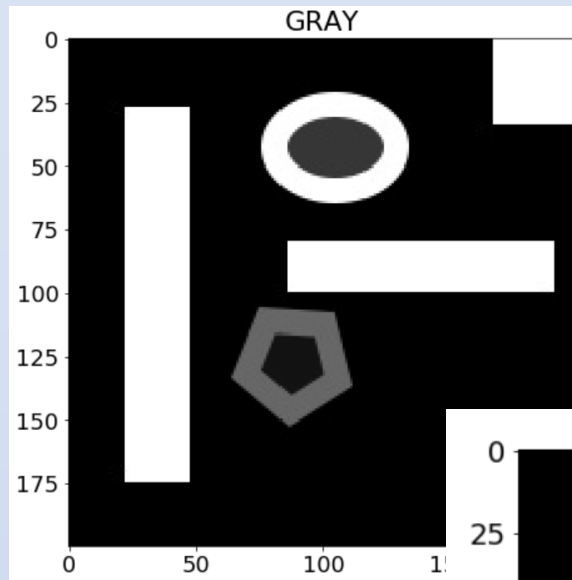
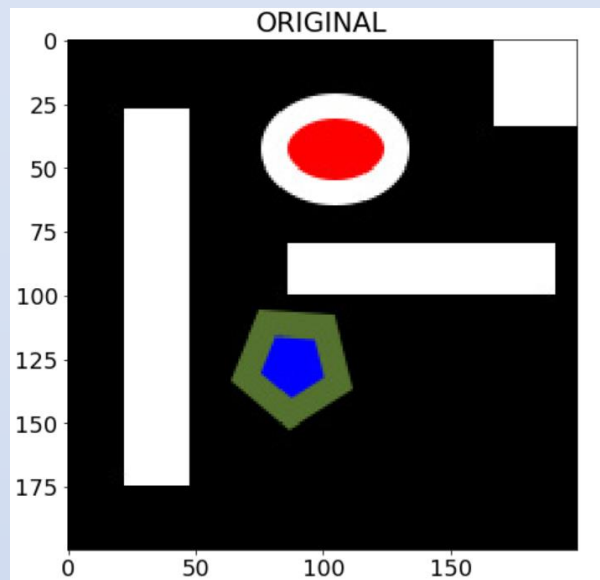
$$I \ominus B = \{z \in E \mid B_z \subseteq I\}$$

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

if $B(k, l) = 0$

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

Ерозія (звуження)



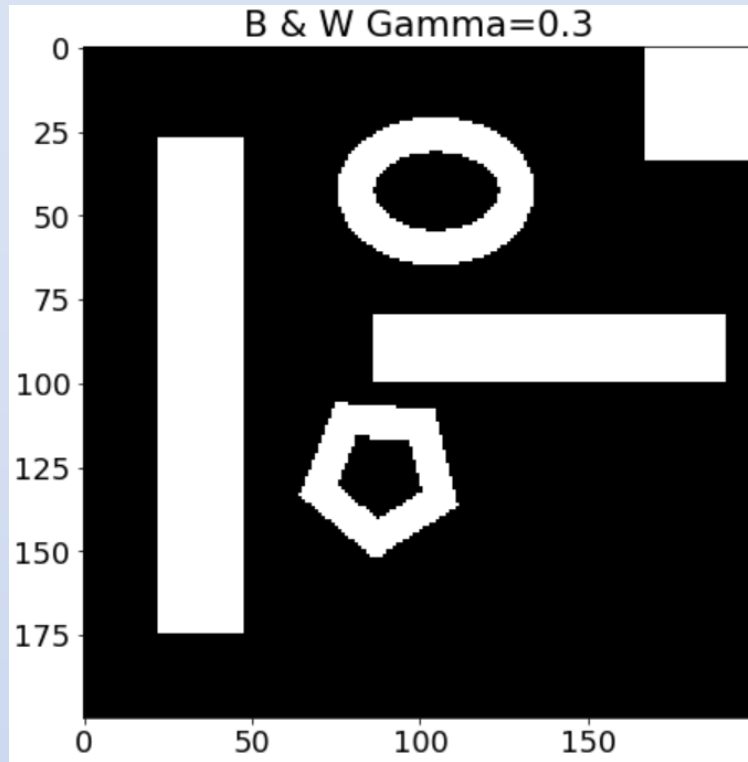
Оригінал

Півтонове

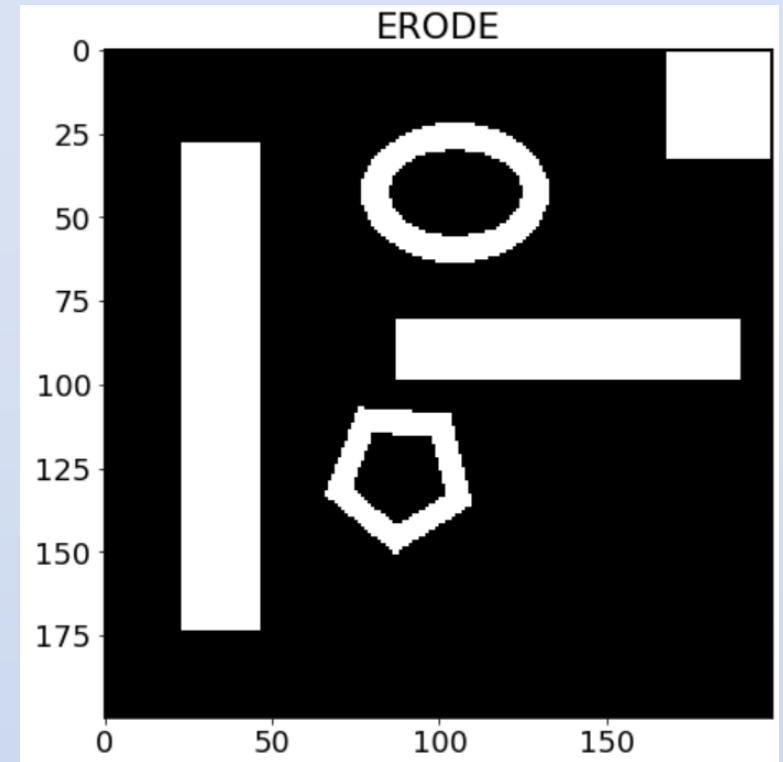
Чорно-біле

Ерозія (звуження)

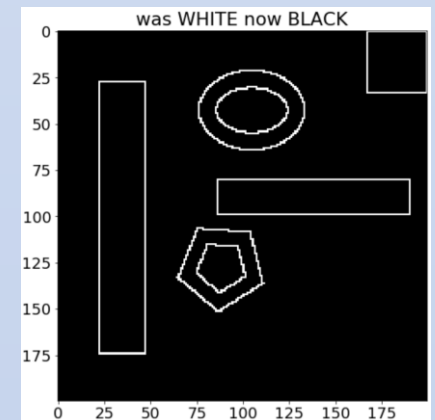
Erode



=

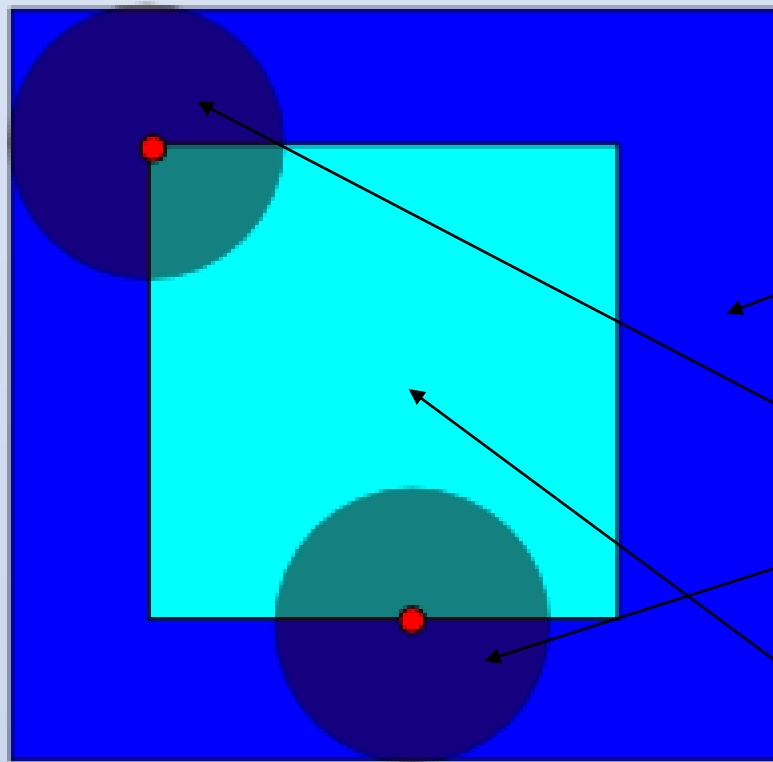


XOR



Мод.2.4.

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)

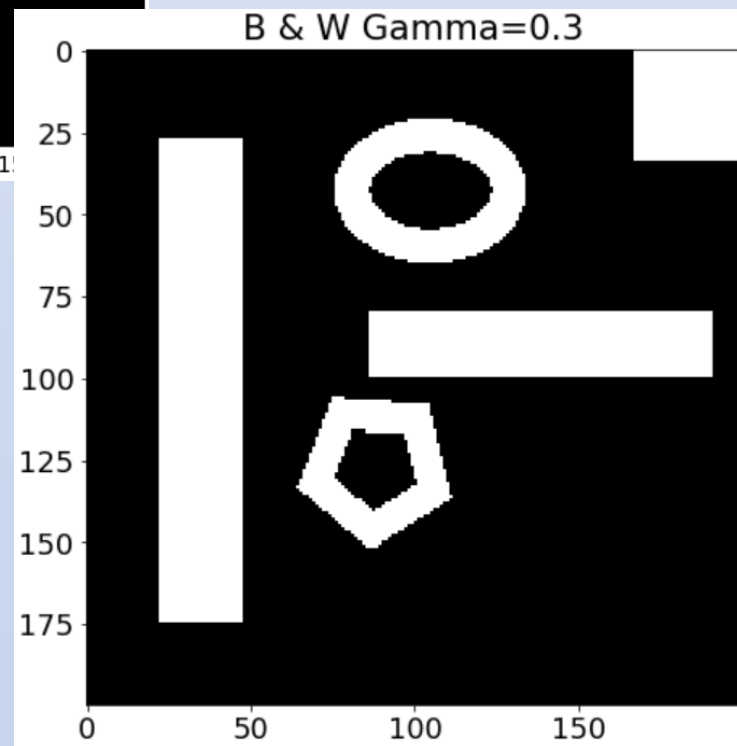
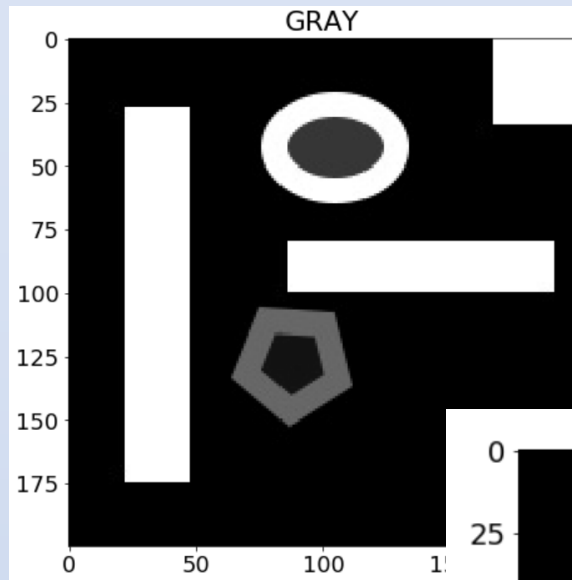
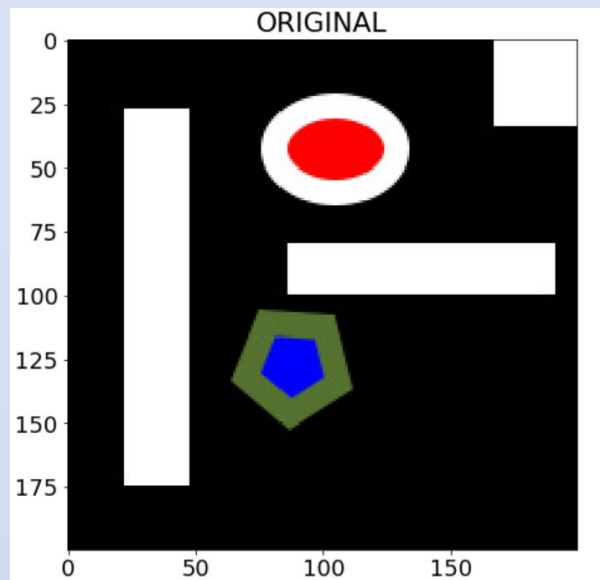
$$I \oplus B = \{z \in E \mid (B^s)_z \cap I \neq \emptyset\}$$

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

if $B(k, l) = 0$

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

Дилатація (збільшення)



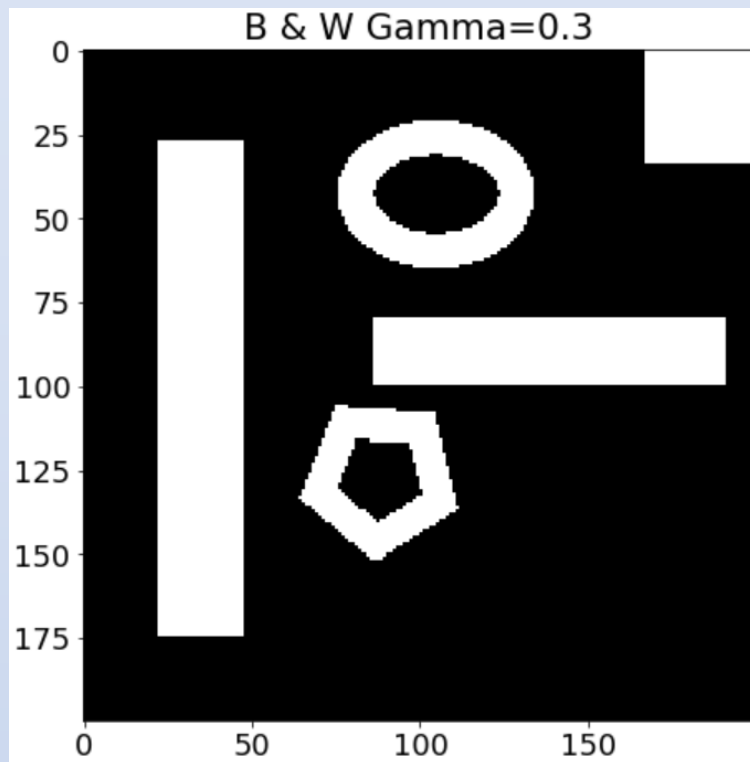
Оригінал

Півтонове

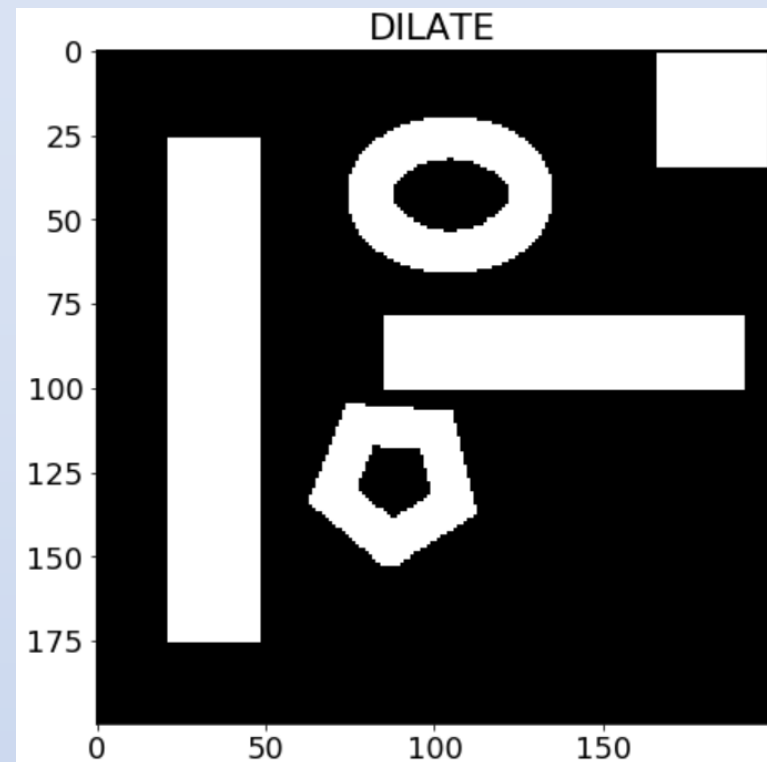
Чорно-біле

Дилатація (збільшення)

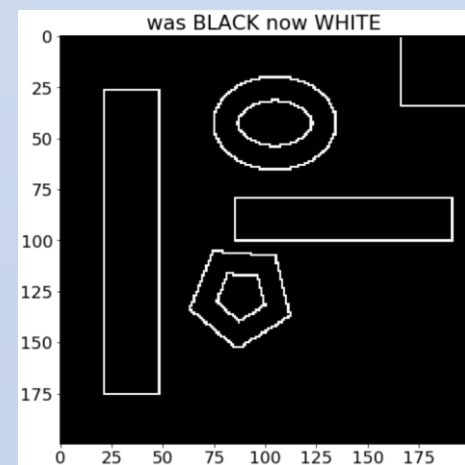
Dilate



=

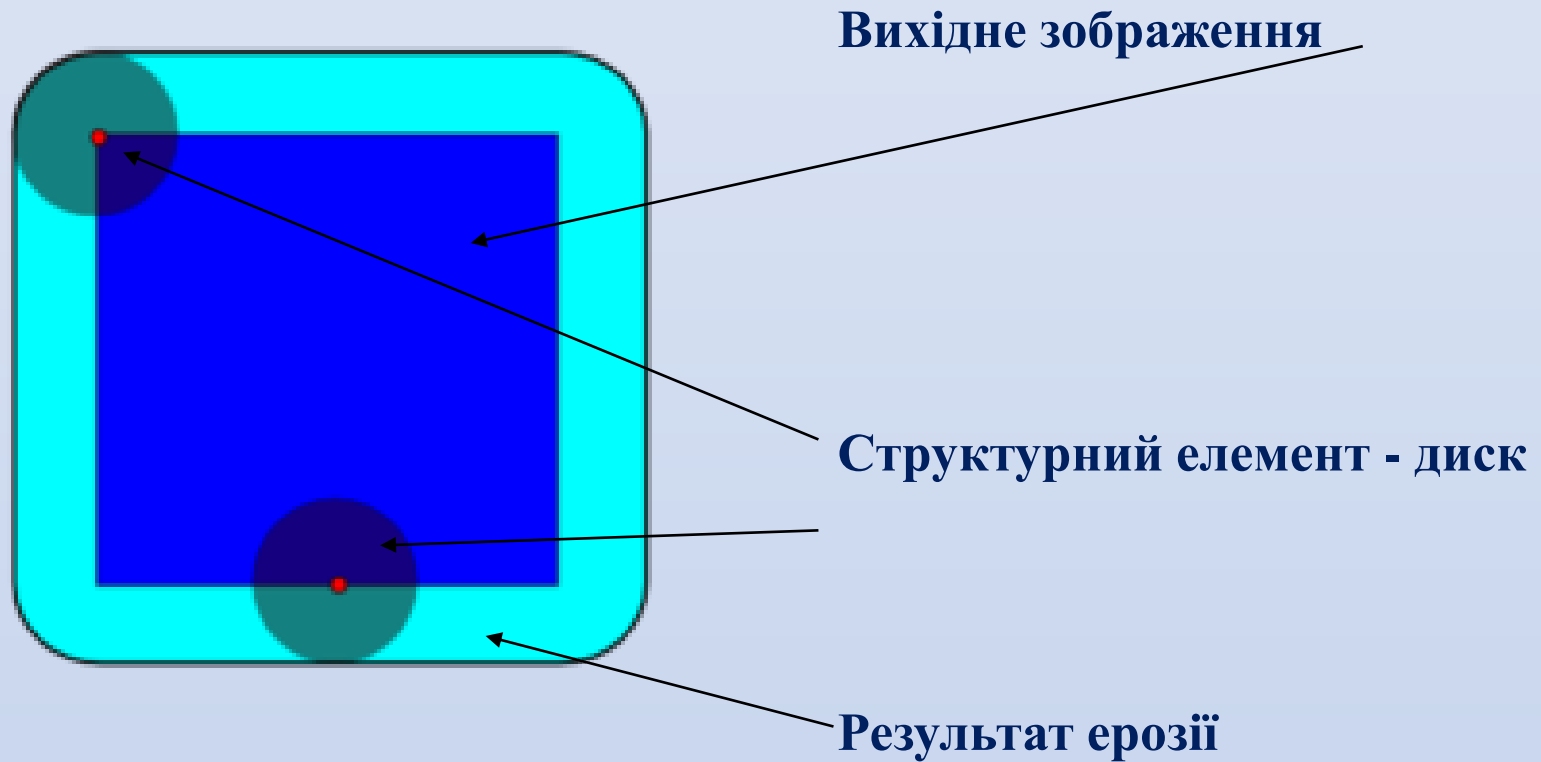


XOR



Мод.2.4.

Дилатація (збільшення)



Розкриття (opening)

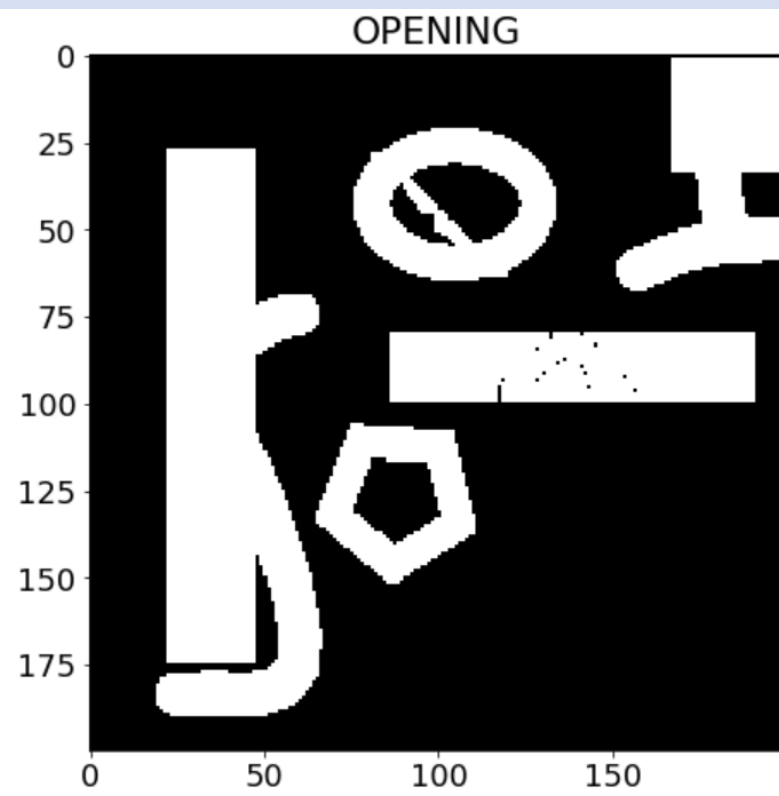
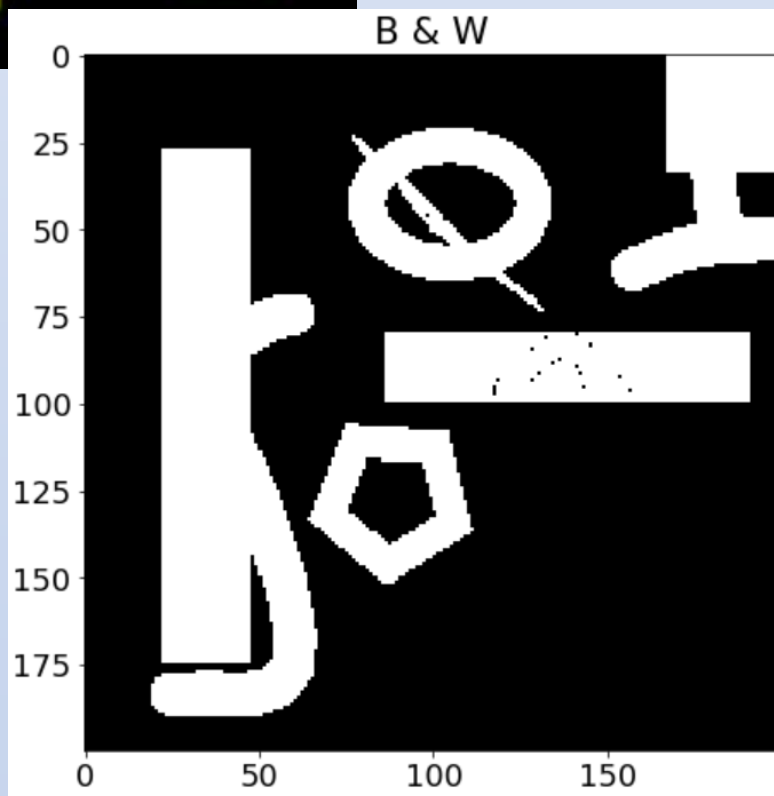
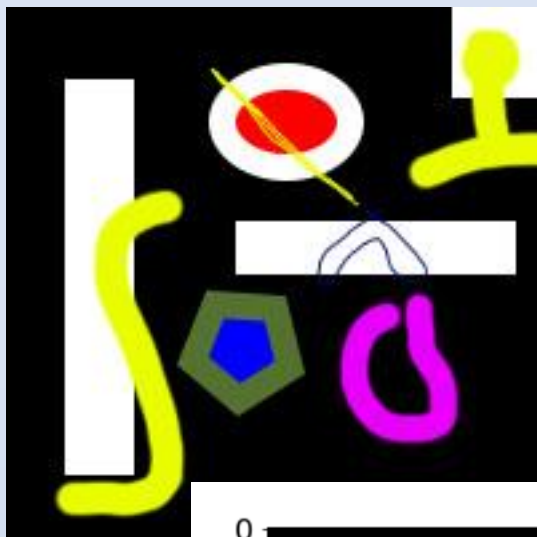
$$I \odot B = (I \ominus B) \oplus B$$

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

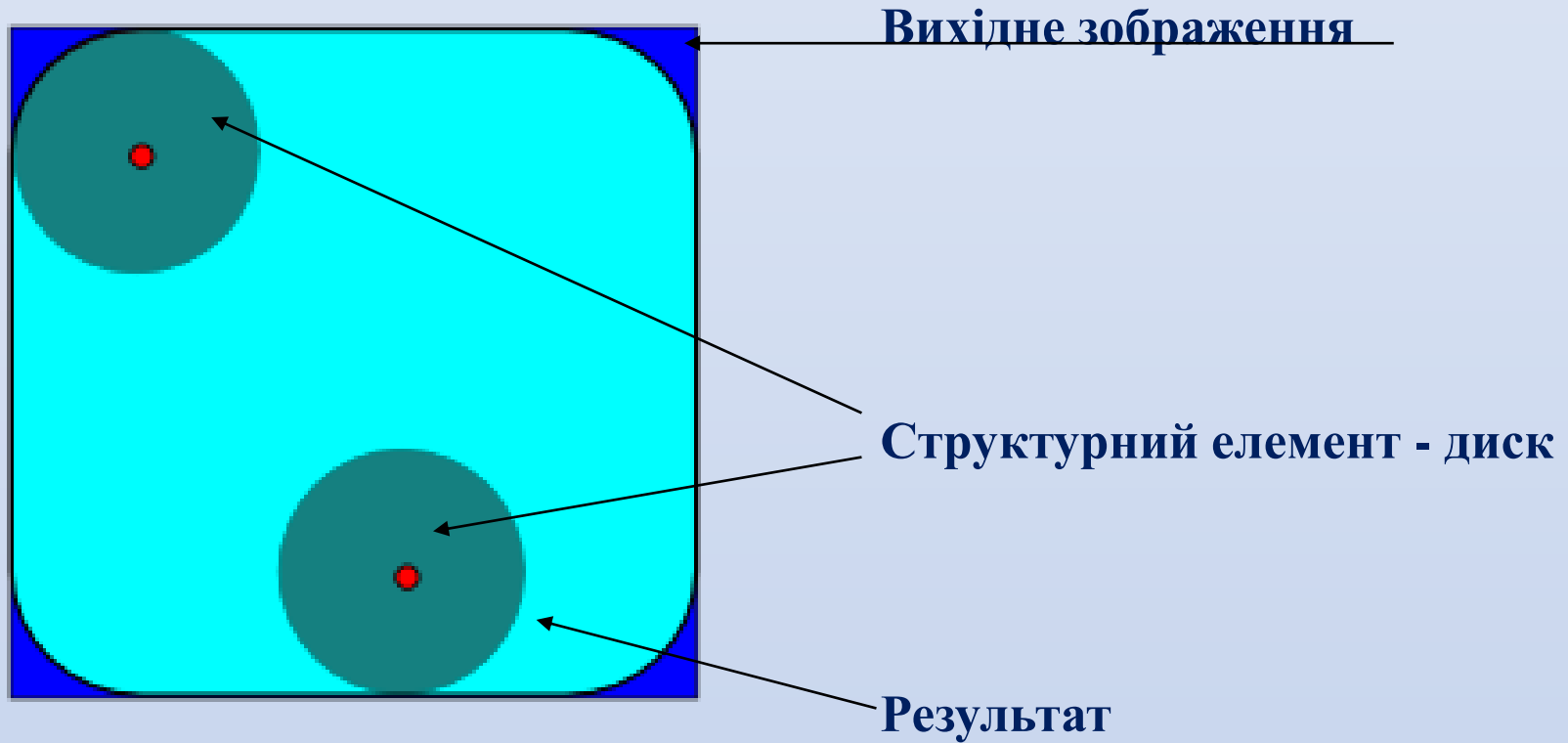
Розкриття згладжує контури об'єкту, усуває вузькі перешийки і ліквідує виступи невеликої ширини.

Прибирає виступи на кордонах об'єктів

Розкриття



Розкриття



Закриття (closing)

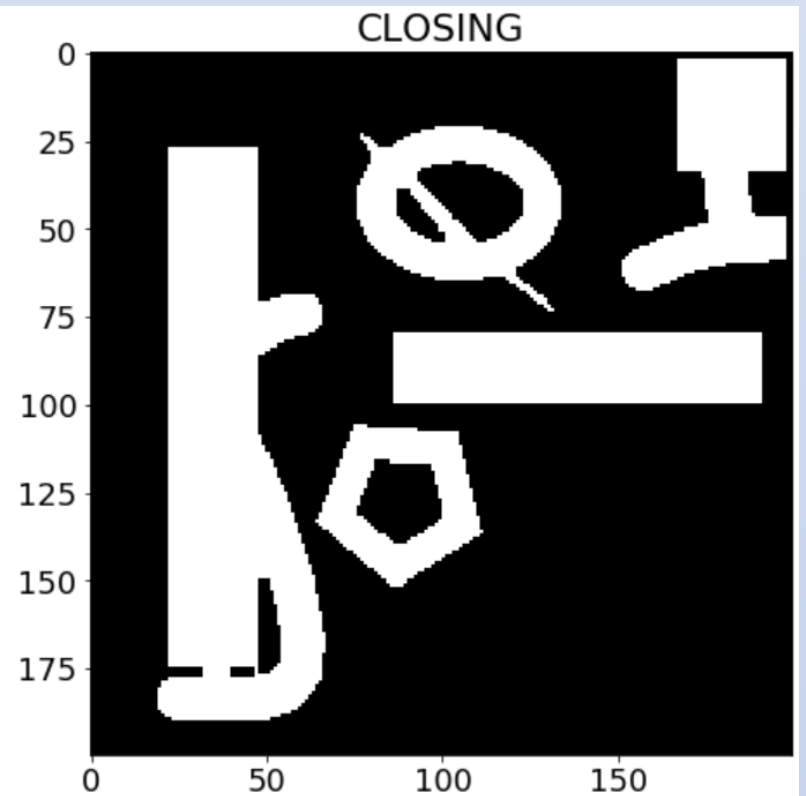
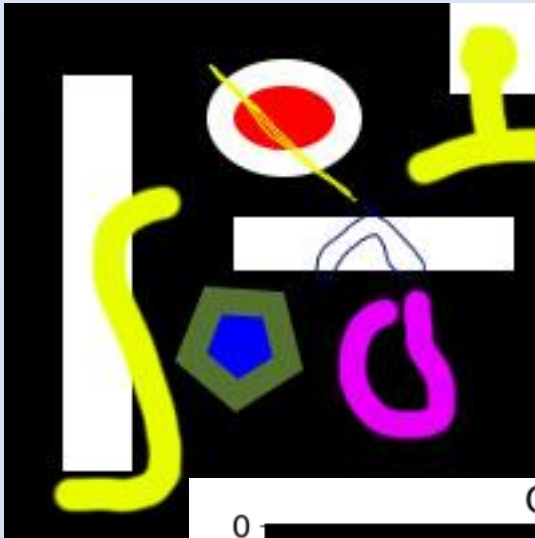
$$I \odot B = (I \oplus B) \ominus B$$

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

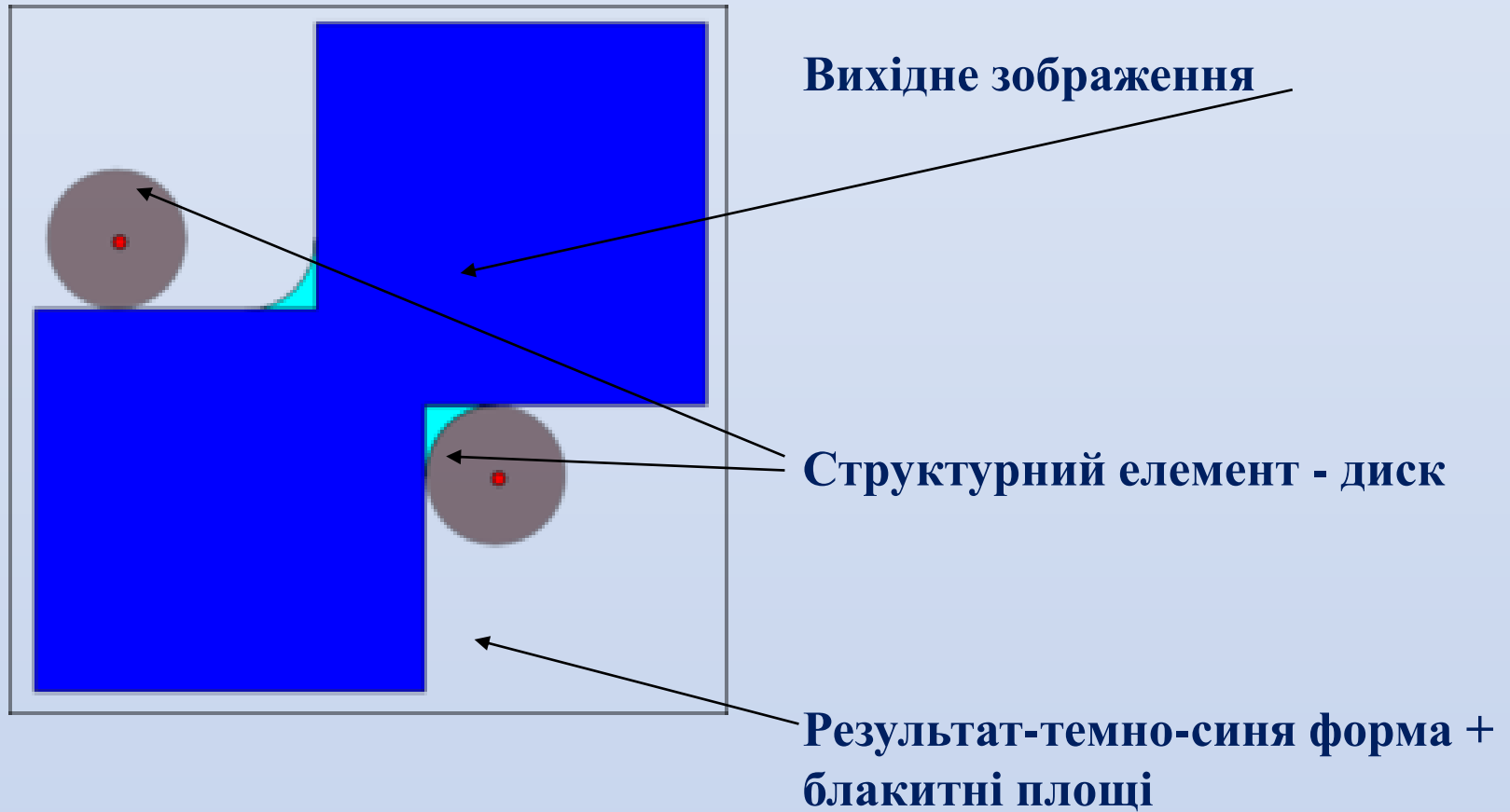
Закриття згладжує відрізки контурів об'єкту, заповнює невеликі розриви і довгі заглибини невеликої ширини, ліквідує невеликі отвори.

Заповнює отвори всередині і на кордонах

Закриття



Закриття



Закриття -- Відкриття



Розширений перелік морфологічних операцій

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

+ Морфологічні операції над півтоновими зображеннями

Module → **skimage.morphology**

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 2. Topic 4