

# **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

## **2.3. Нелінійні фільтри**

# Нелінійні фільтри

**Нелінійні фільтри:** вихід формується з урахуванням статистичних характеристик деякого околу вхідного пікселю. Типи

- пороговий;
- медіанний;
- Мінімаксний (помірний).

# Пороговий фільтр

Результат порогової фільтрації - бінарне зображення, яке визначається наступним чином:

$I_{win}(i, j) = \langle I(i, j) * F \rangle$  - згортка, вікно  $L * K$

$$\hat{I}(i, j) = \begin{cases} 0: I_{win}(i, j) < \gamma \\ 1: I_{win}(i, j) > \gamma \end{cases}$$

$\gamma$  – поріг фільтрації

$L=1, K=1 \rightarrow$  бінаризація зображення

*Порогова фільтрації передуює сегментації*

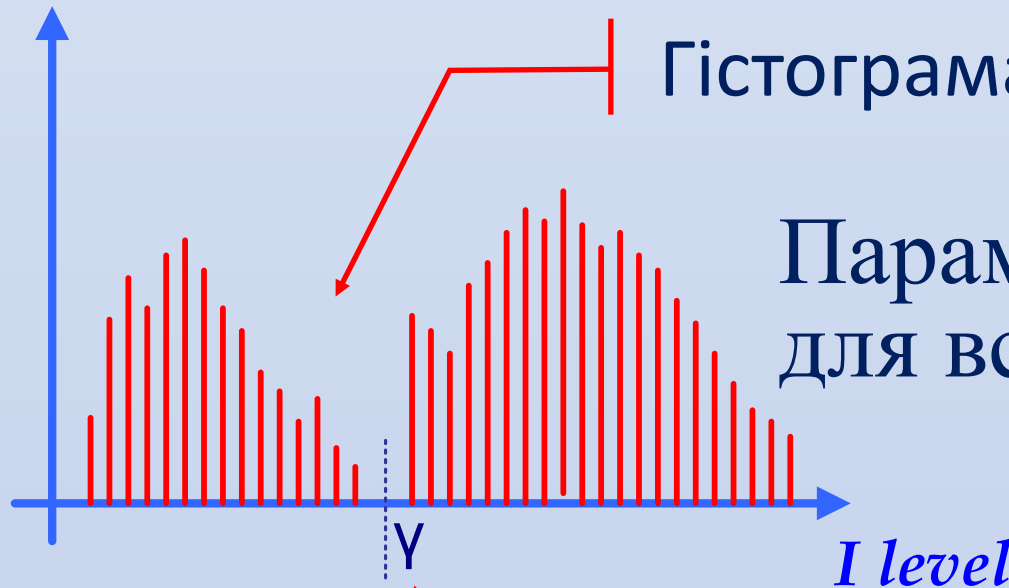
# Пороговий фільтр

Типи порогового фільтру:

- з глобальним порогом
- з локальним порогом

## Глобальний поріг

*Pixels num*



Гістограма зображення

Параметр  $\gamma$  однаковий  
для всього зображення

*I level*

Глобальний поріг

# Пороговий фільтр. Глобальний поріг

- Встановлюється деяке початкове значення  $\gamma$ .
- Виконується сегментація зображення на дві області  $G_1, G_2$
- Обчислюються значення  $I_{G1}$ ,  $I_{G2}$  – середні значення інтенсивностей для областей  $G_1, G_2$
- Обчислюється нове значення

$$\gamma = (I_{G1} + I_{G2}) / 2$$

# Пороговий фільтр. Локальний поріг

Використовується коли неможливо розділити глобальну гістограму. Глобальне зображення розбивається на підобласті, в яких визначається свій поріг.

**!! Виділення підобластей – сегментація.**

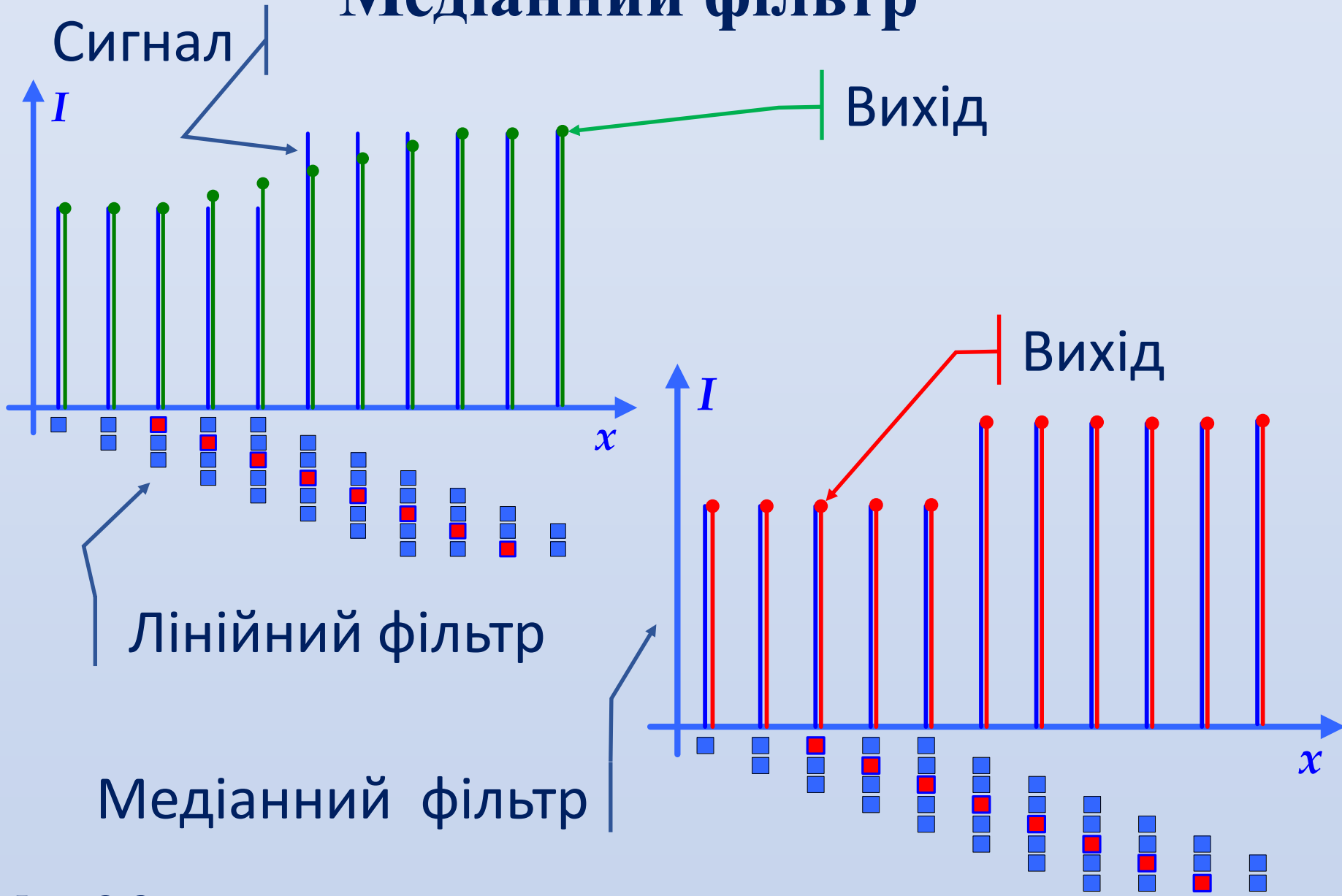


# Медіанний фільтр

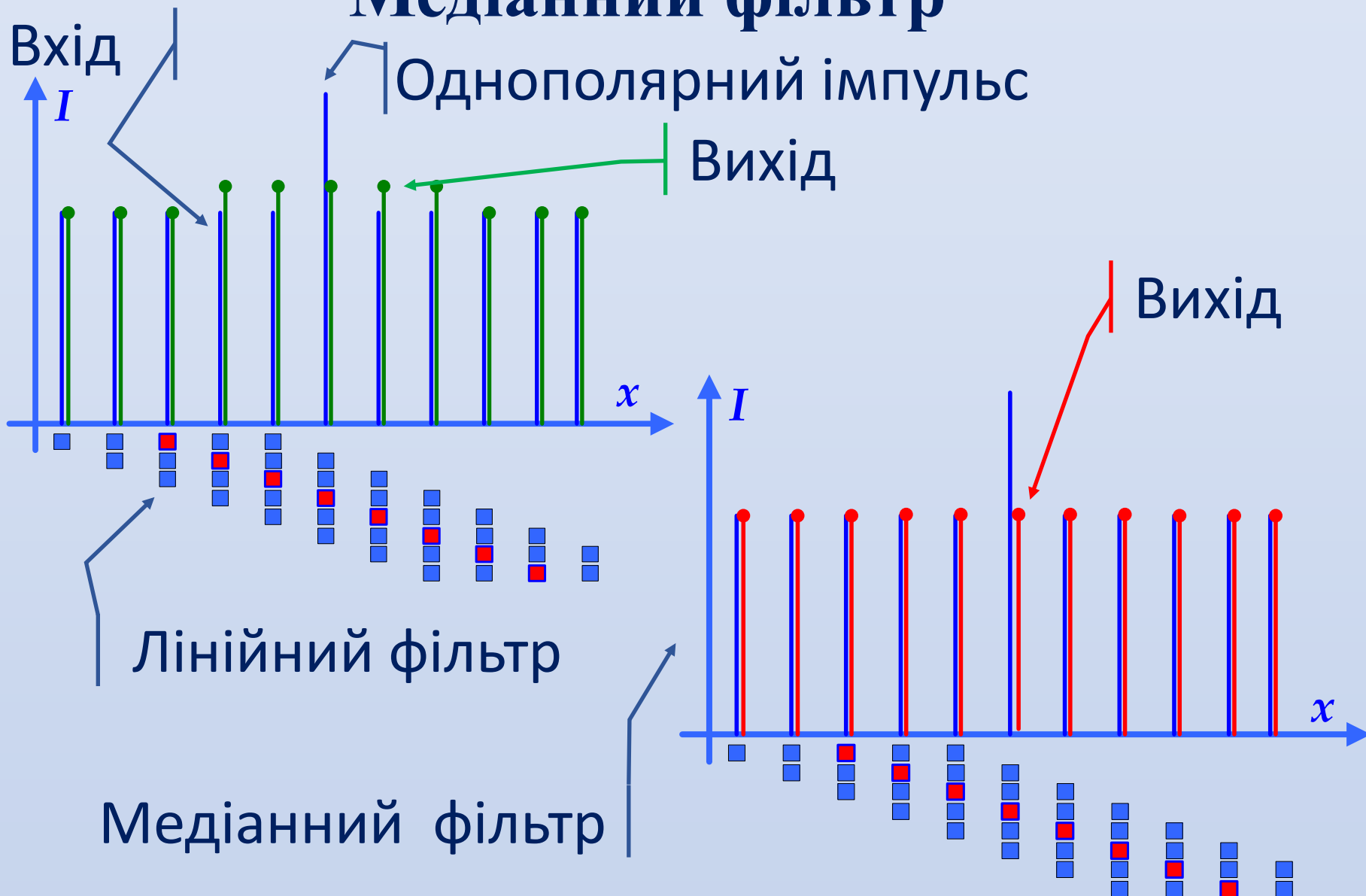
Медіанний фільтр – вікно  $W$ , що ковзає по зображенню та охоплює непарне число пікселів.

Колір поточного пікселя замінюється **медіаною** кольорів всіх пікселів зображення, що потрапили у вікно (середній по порядку елементів впорядкування послідовності пікселів вікна).

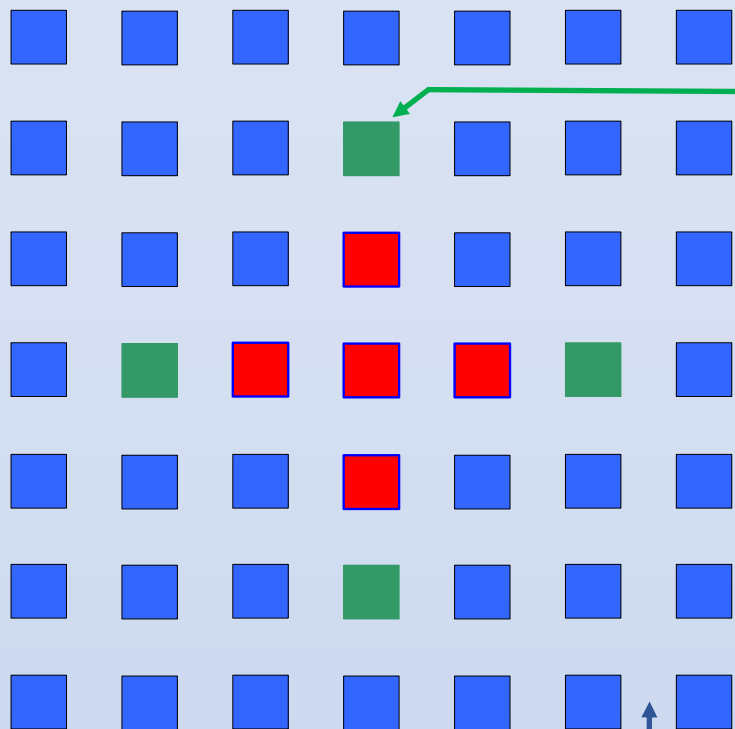
# Медіанний фільтр



# Медіанний фільтр

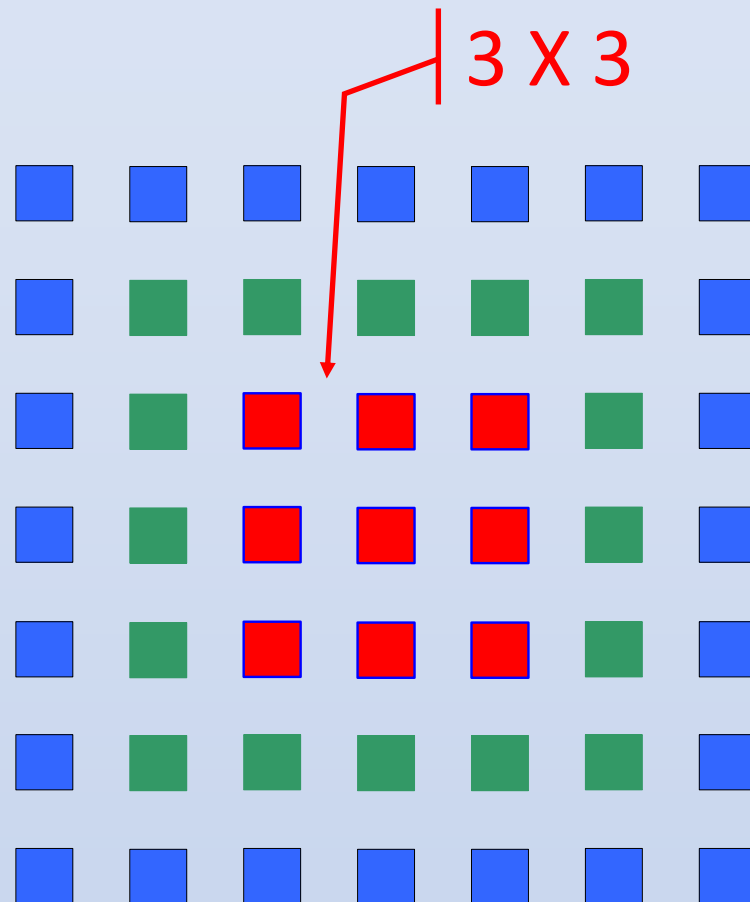


# Медіанний фільтр



5 X 5

Вікно – «крест»



3 X 3

Вікно – «квадрат»

# Медіанний фільтр

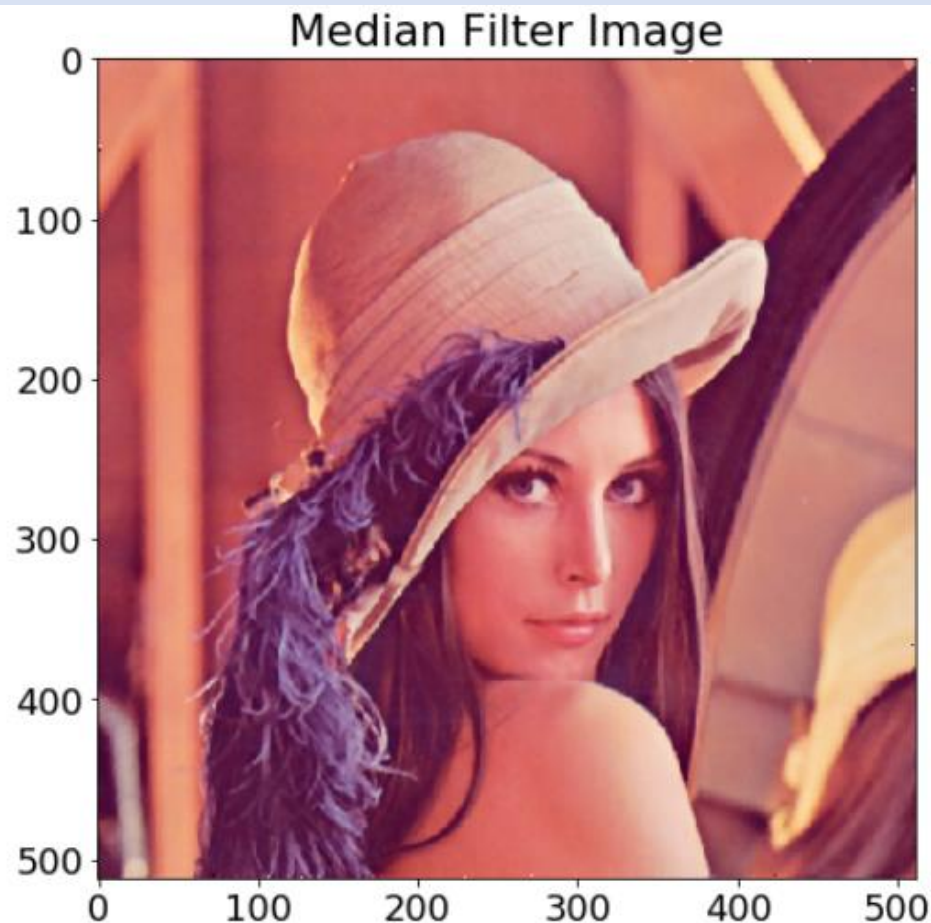
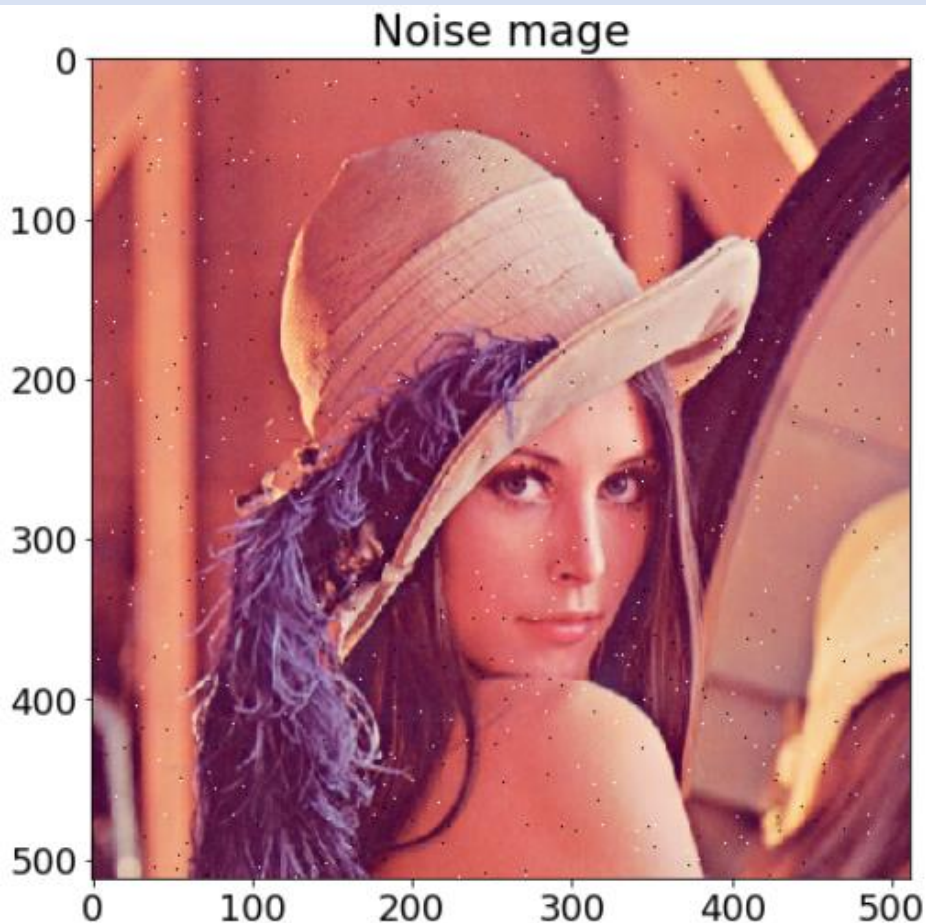
Вікно – «хрест» 3 X 3. Піксель  $i, j$

$$\hat{I}(i, j) = \text{Med}[I(i, j), I(i - 1, j), I(i + 1, j), I(i, j - 1), I(i, j + 1)]$$

Медіанний фільтр використовується для подавлення шумів на зображенні.

Характерна особливість медіанного фільтра - збереження перепадів яскравості (контурів).

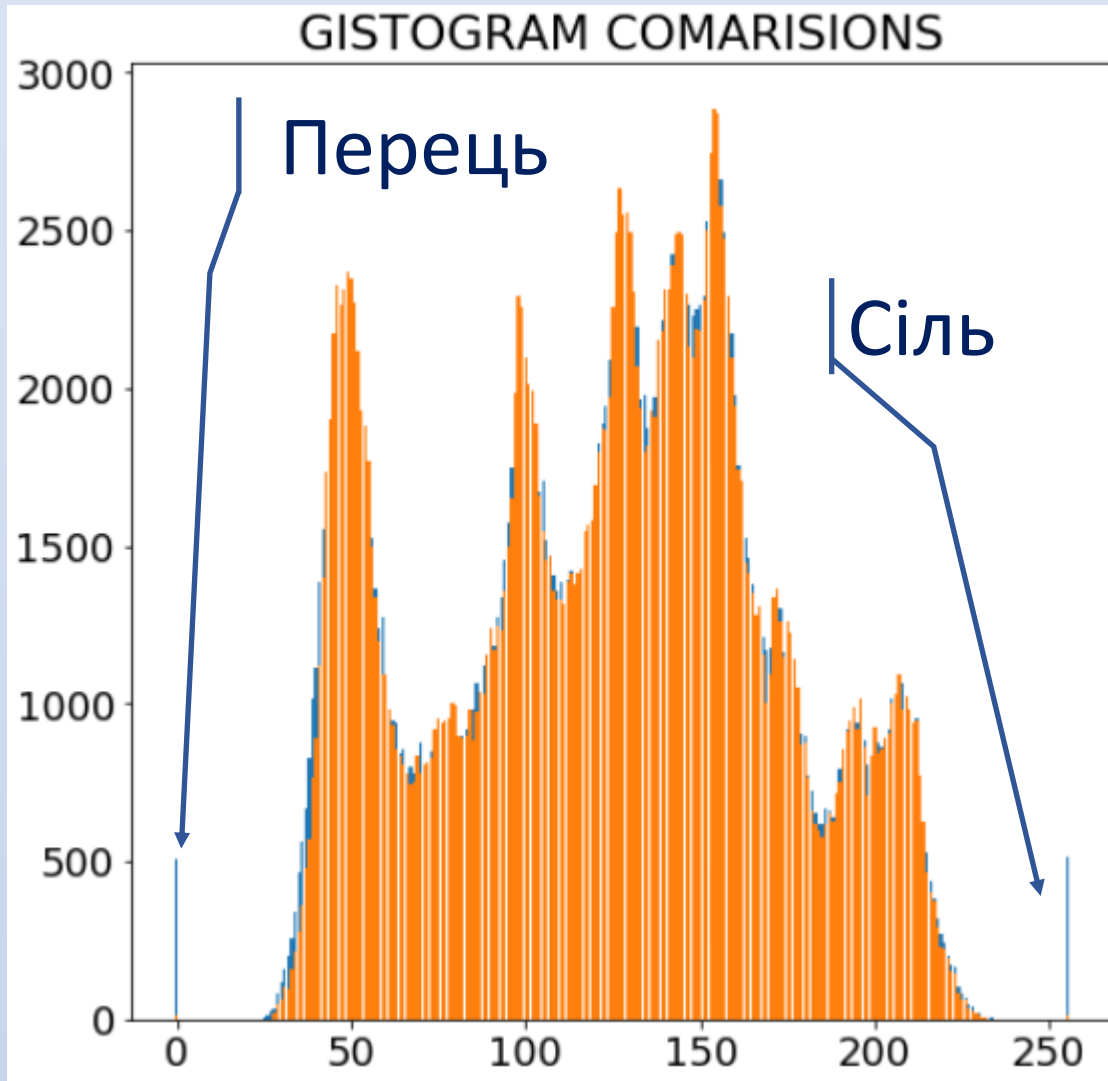
# Медіанний фільтр



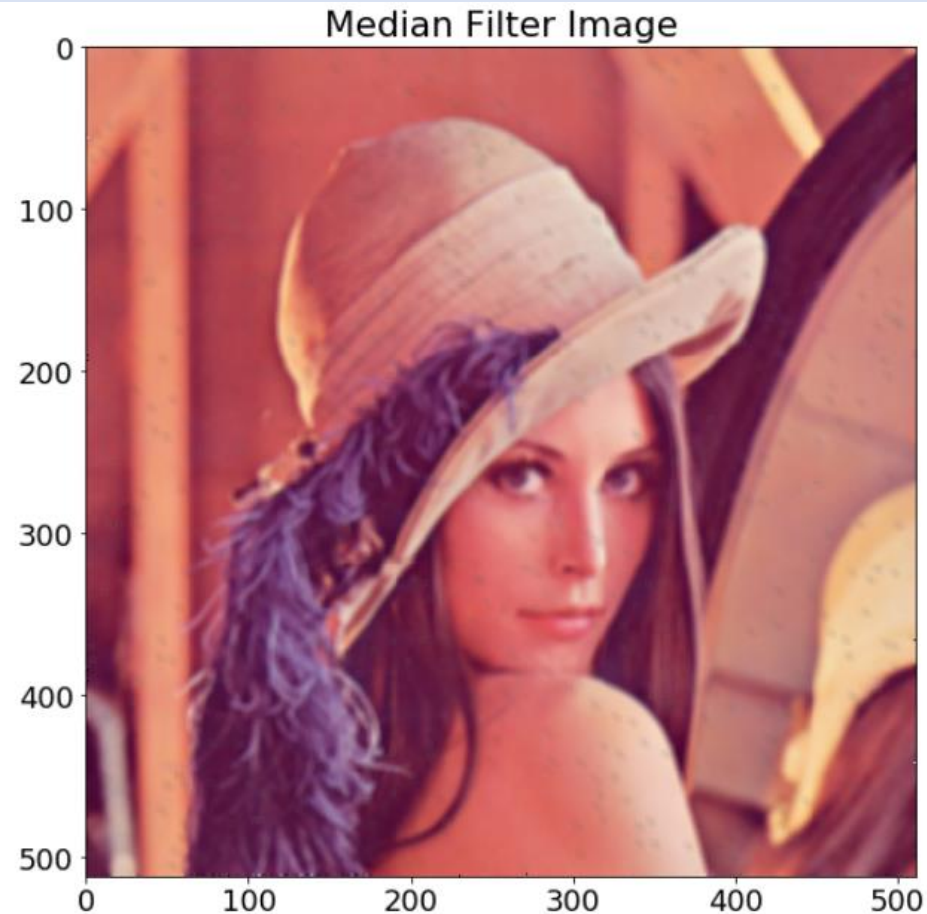
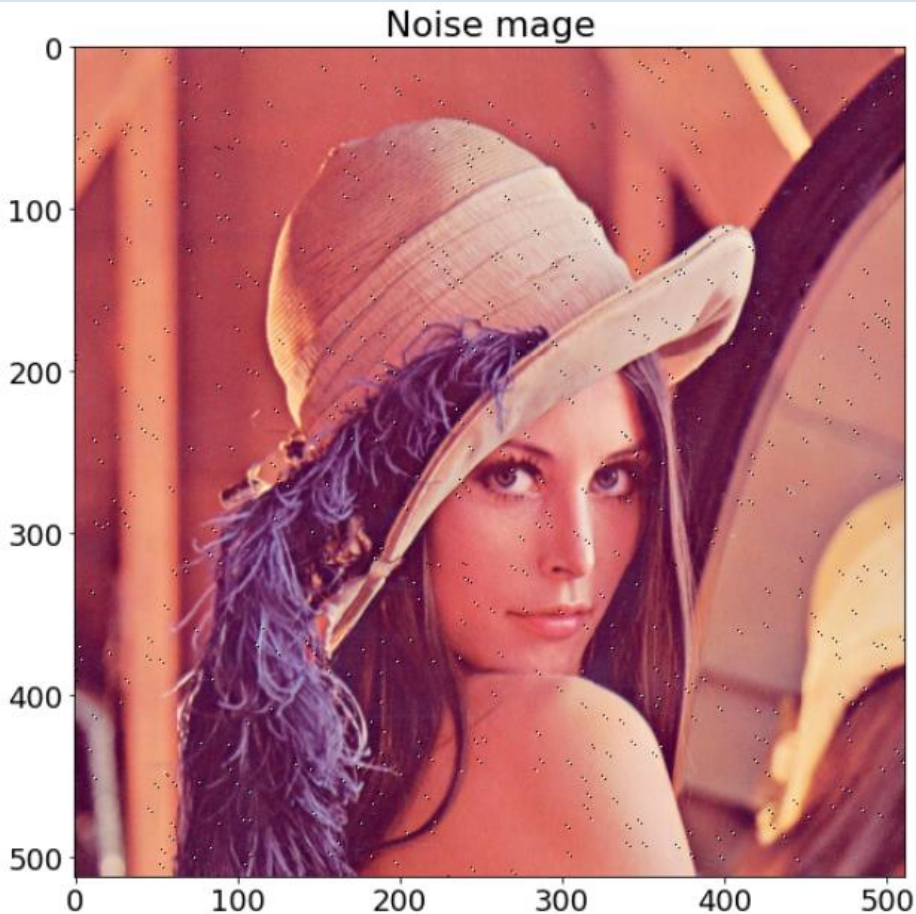
Однополярний імпульсний шум (хрест  $3 \times 3$ )

Мод.2.3.

# Медіанний фільтр



# Медіанний фільтр



Біполярний імпульсний шум (хрест  $3 \times 3$ )

Мод.2.3.



# Адаптивний медіанний фільтр

## 2 напрямку адаптації:

- ослаблення біполярного імпульсного шуму («сусідні сіль та перець»),
- адаптивне змінення розмір вікна.

## Боротьба з біполярним імпульсом:

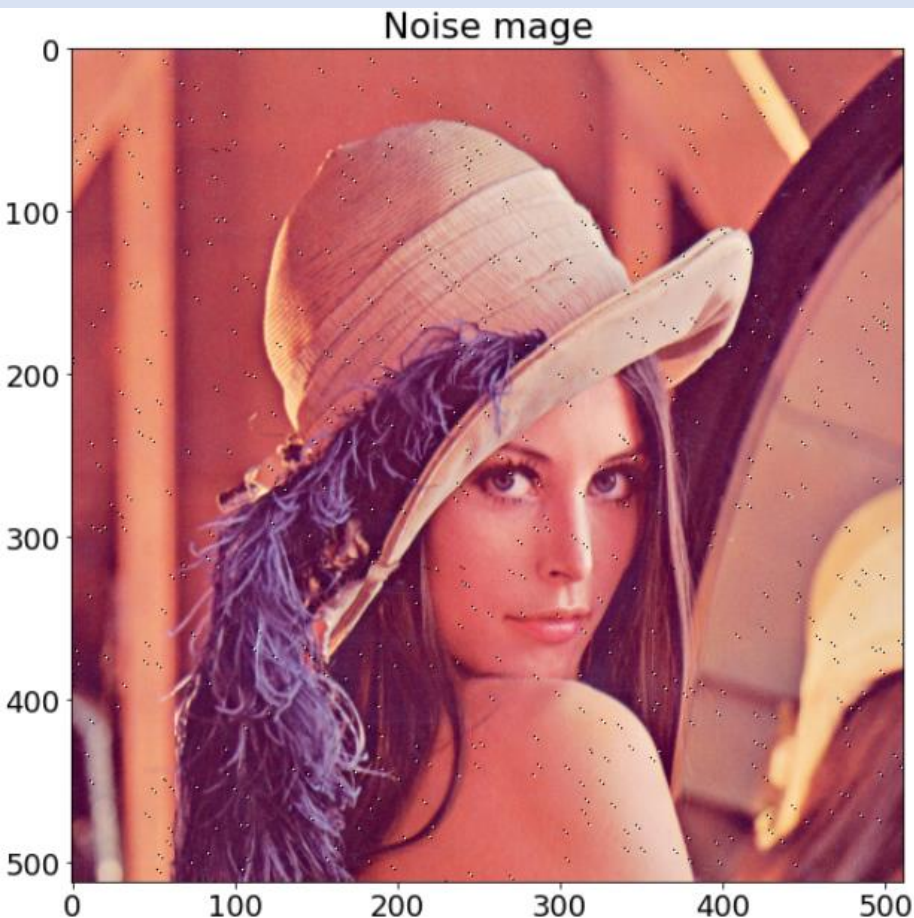
$$I_{max}(i, j) = \max[I(i, j), \dots I(i, j + 1)]$$

$$I_{min}(i, j) = \min[I(i, j), \dots I(i, j + 1)]$$

$$I_{med}(i, j) = \text{med}[I(i, j), \dots I(i, j + 1)]$$

$$\hat{I}(i, j) = \begin{cases} I_{med}(i, j): I(i, j) = I_{max}(i, j) \\ I_{med}(i, j): I(i, j) = I_{min}(i, j) \\ I(i, j): I_{min}(i, j) < I(i, j) < I_{max}(i, j) \end{cases}$$

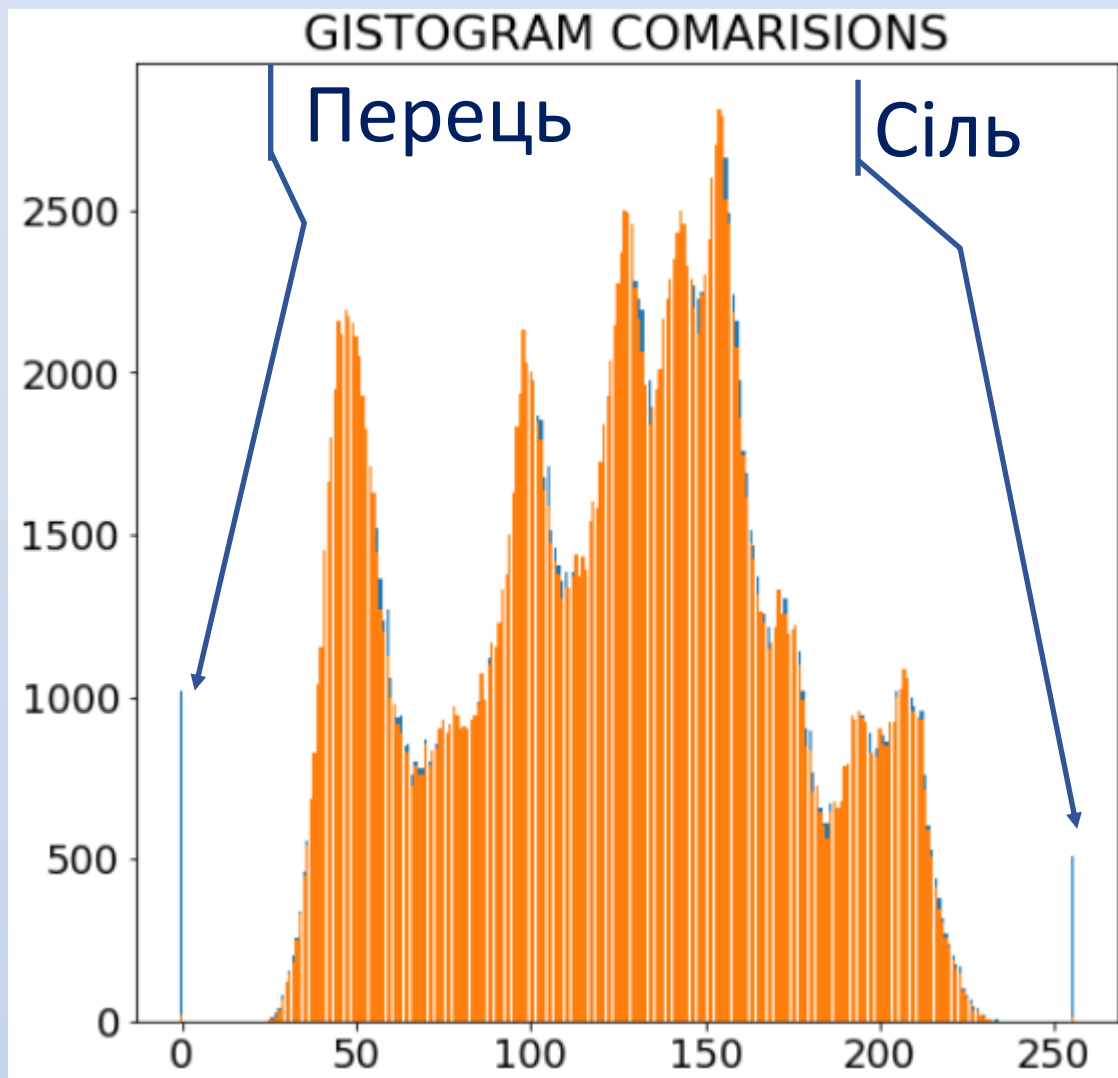
# Адаптивний медіанний фільтр



Біполярний імпульсний шум (хрест  $3 \times 3$ )

Мод.2.3.

# Адаптивний медіанний фільтр



# Мінімаксний фільтр

Мінімаксний (помірний) фільтр – вікно  $W$ , що ковзає по зображенню та охоплює непарне число пікселів (найчастіше розміром  $3 \times 3$  пікселя), всередині якого обчислюється максимальне і мінімальне значення інтенсивності (без урахування поточного пікселя – без  $I(i, j)$ ).

$$I_{max}(i, j) = \max[I(i - 1, j), \dots, I(i, j + 1)]$$

$$I_{min}(i, j) = \min[I(i - 1, j), \dots, I(i, j + 1)]$$

# Мінімаксний фільтр

До значення центрального пікселя у вікні застосовується наступне перетворення:

$$\hat{I}(i, j) = \begin{cases} I_{min}(i, j): I(i, j) < I_{min}(i, j) \\ I(i, j): I_{min}(i, j) < I(i, j) < I_{max}(i, j) \\ I_{max}(i, j): I(i, j) > I_{max}(i, j) \end{cases}$$

Зображення, на якому шум відсутній, буде спотворюватися дуже слабо, лінії контурів збережуться.

*Медіанний, мінімаксний фільтри – різновид нелінійної **рангової** фільтрації*

# Сегментація зображень

**Мета сегментації: виділення окремих областей зображення**

**Базові умови:**

- в результаті сегментації зображення розділяється на ряд областей таким образом, щоб кожен його піксель входив би в одну з областей;
- області, які виходять в результаті сегментації, не повинні пересікаються;
- всі пікселі, віднесені до однієї області, повинні володіти одними і тими ж властивостями.

# Сегментація зображень

## Використовують наступні властивості

- однорідність виділених областей щодо ознаки, за яким виконується сегментація, наприклад, однорідність по яскравості, за кольором, або по якомусь іншому ознакою
- наявність стрибкоподібного зміни якого-небудь ознаки, наприклад, стрибка яскравості, що відокремлює одну область зображення від іншого;
- зміну в часі будь-яких характеристик зображення, обумовлених, наприклад, його рухом.

# Визначення окремих точок

Піксель  $i, j$  окрема точка ??

Вікно – «квадрат»  $3 * 3$ .

$$I_{\Sigma}(i, j) = 8 * I(i, j) - \sum_{l \neq 0} \sum_{k \neq 0} I(i + l, j + k)$$

-1	-1	-1
1	8	-1
-1	-1	-1

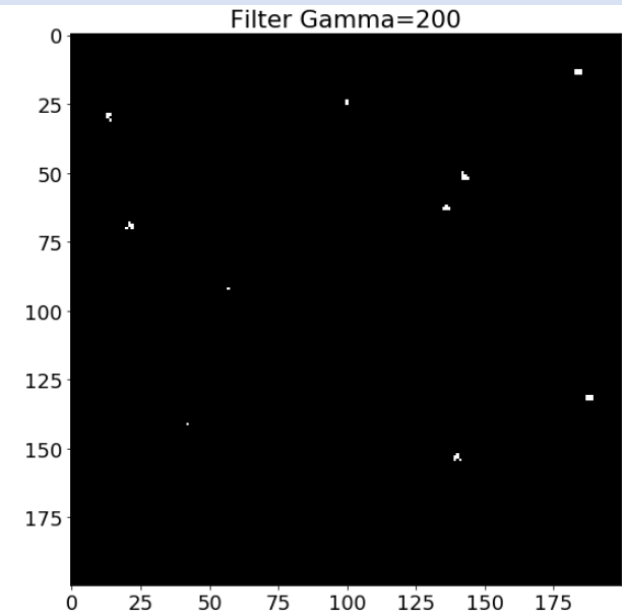
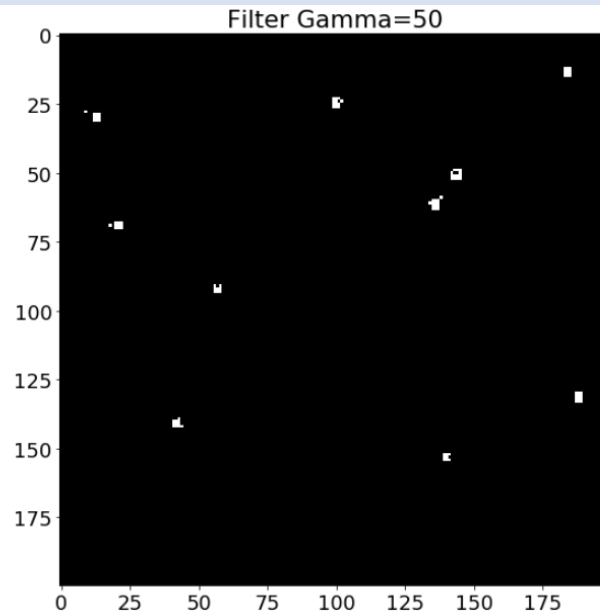
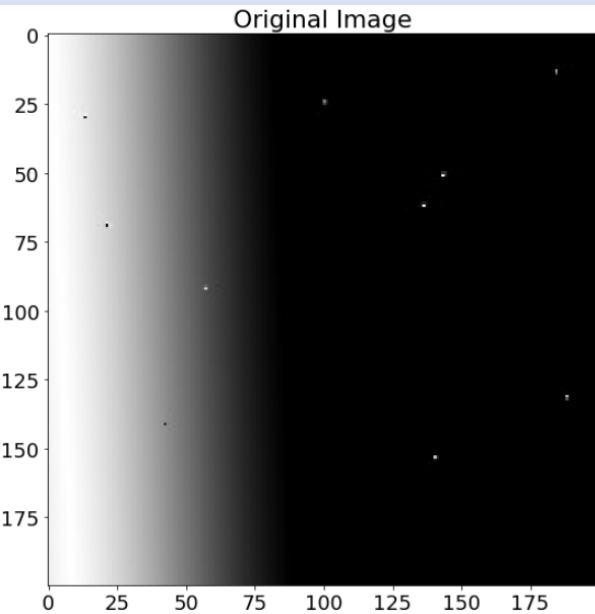
$$pixel\ is\ point = \begin{cases} True: |I_{\Sigma}| \geq \gamma \\ False: |I_{\Sigma}| < \gamma \end{cases}$$

$$\hat{I}(i, j) = \begin{cases} I_+ = 255: |I_{\Sigma}| \geq \gamma \\ I_- = 0: |I_{\Sigma}| < \gamma \end{cases}$$

Мод.2.3.  $\gamma$  – деякий поріг



# Визначення окремих точок



$$\gamma = 50$$

$$\gamma = 200$$

# Визначення відрізків прямих

Відрізок  $i, j - i_P, j$  - однопиксельна лінія ??

Вікно – «квадрат»  $3 * 3$ .

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

-1	-1	-1
2	-1	-1
-1	2	2

$I_{\Sigma 1}$

2	-1	-1
-1	2	-1
-1	-1	2

$I_{\Sigma 2}$

-1	2	-1
-1	-1	2
-1	-1	2

$I_{\Sigma 3}$

-1	-1	2
-1	-1	1
2	-1	2

$I_{\Sigma 4}$

# Визначення відрізків прямих

Відрізок  $i,j - i_P,j$  - однопиксельна лінія ??

Вікно – «квадрат»  $3 * 3$ .

$$\begin{aligned} I_{\Sigma 1} &= 2(L_{0,1} + L_{1,0} + L_{1,1}) \\ &- (L_{-1,-1} + L_{-1,0} + L_{-1,1} + L_{0,0} + L_{0,1} + L_{-1,-1}) \\ I_{\Sigma 2} &= 2(L_{-1,-1} + L_{0,0} + L_{1,1}) \\ &- (L_{-1,0} + L_{-1,1} + L_{0,-1} + L_{0,1} + L_{1,-1} + L_{1,0}) \\ I_{\Sigma 3} &= 2(L_{-1,0} + L_{0,1} + L_{1,1}) \\ &- (L_{-1,-1} + L_{-1,1} + L_{0,-1} + L_{0,0} + L_{1,-1} + L_{1,0}) \\ I_{\Sigma 4} &= 2(L_{-1,1} + L_{1,-1} + L_{1,1}) \\ &- (L_{-1,-1} + L_{-1,0} + L_{0,-1} + L_{0,0} + L_{0,1} + L_{1,0}) \end{aligned}$$

# Визначення відрізків прямих

Знаходиться  $I_{\Sigma i}$  для якої

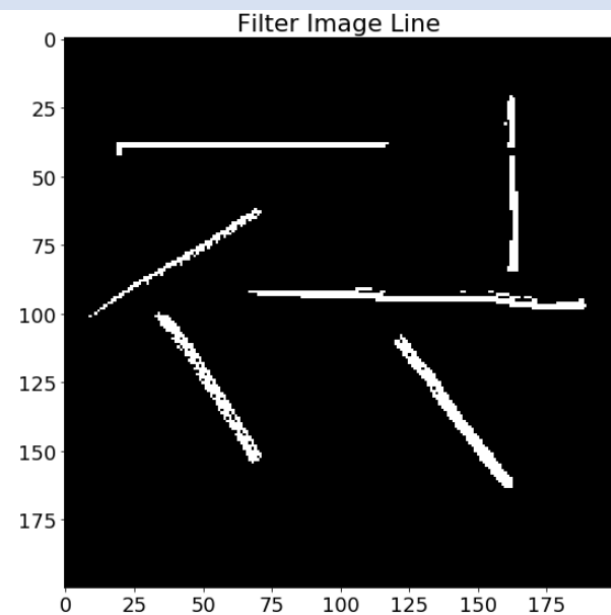
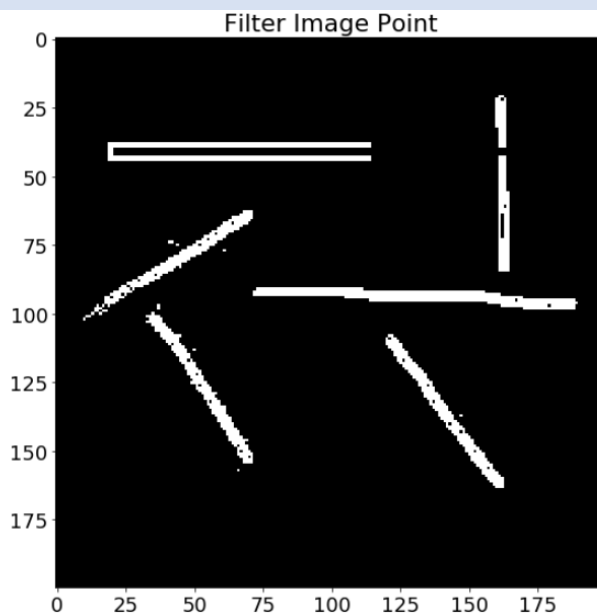
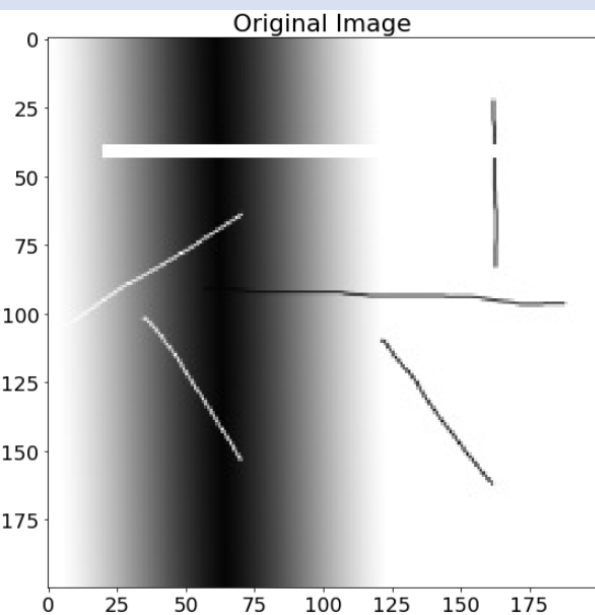
$$|I_{\Sigma i}| > |I_{\Sigma j}|, j=1,2,3,4. j \neq i$$

$$pixel \in line = \begin{cases} True: |I_{\Sigma i}| \geq \gamma \\ False: |I_{\Sigma i}| < \gamma \end{cases}$$

$$\hat{I}(i, j) = \begin{cases} I_+ = 255: |I_{\Sigma}| \geq \gamma \\ I_- = 0: |I_{\Sigma}| < \gamma \end{cases}$$

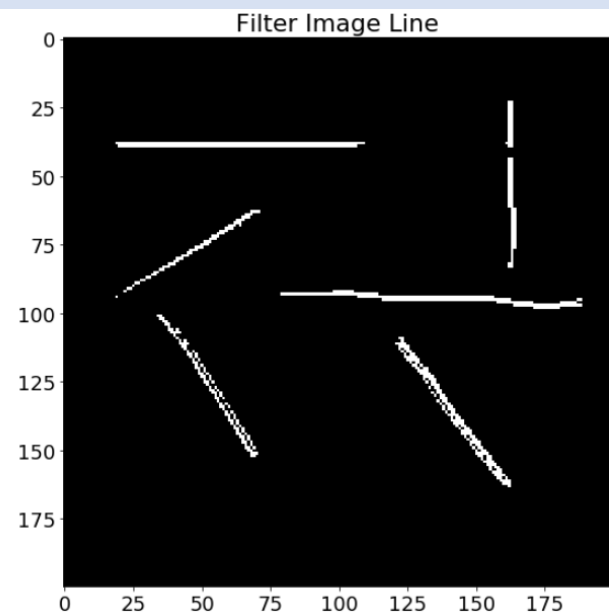
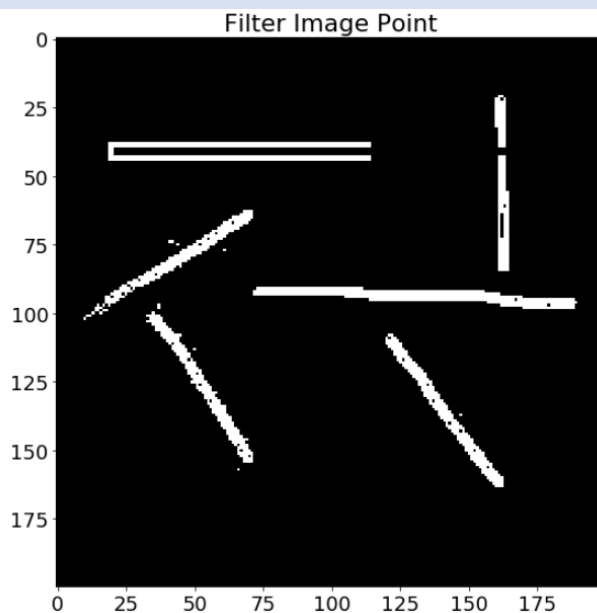
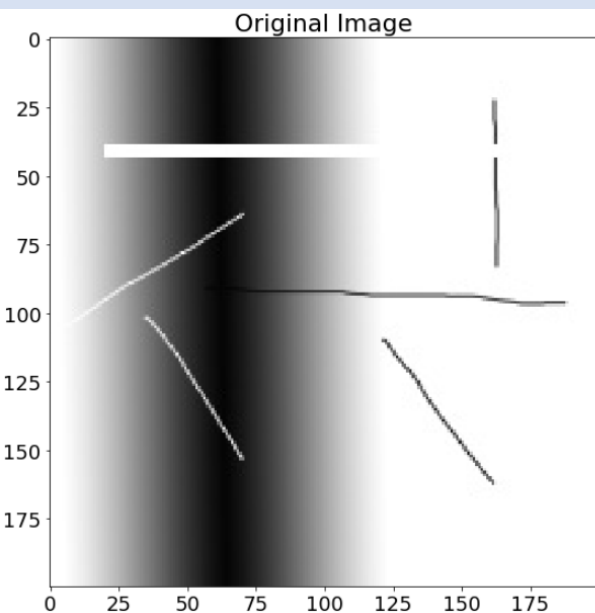
$\gamma$  – деякий поріг

# Визначення відрізків прямих



$$\gamma = 50$$

# Визначення відрізків прямих



$$\gamma = 200$$

# Перепади яскравості та виділення границь

## Перепади яскравості:

- границя об'єктів,
- градієнтні зміни яскравості, викликані плавними змінами освітленості.

!!! При сегментації важливі перепади яскравості, що обумовлені межами об'єктів. Такі перепади є **різкі скачки яскравості**.

Два базових метода:

- градієнтні методи
- Лапласіан.

# Градiєнтний оператор Робертса

Вікно – «квадрат»  $2 * 2$ .

$I(i, j)$	$I(i, j + 1)$
$I(i + 1, j)$	$I(i + 1, j + 1)$

-1	0
0	1
0	-1
1	0

$$G_x = I(i + 1, j + 1) - I(i, j)$$

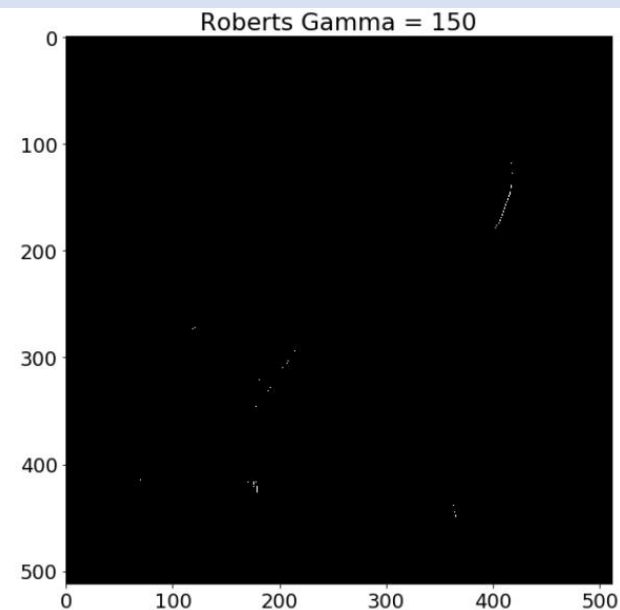
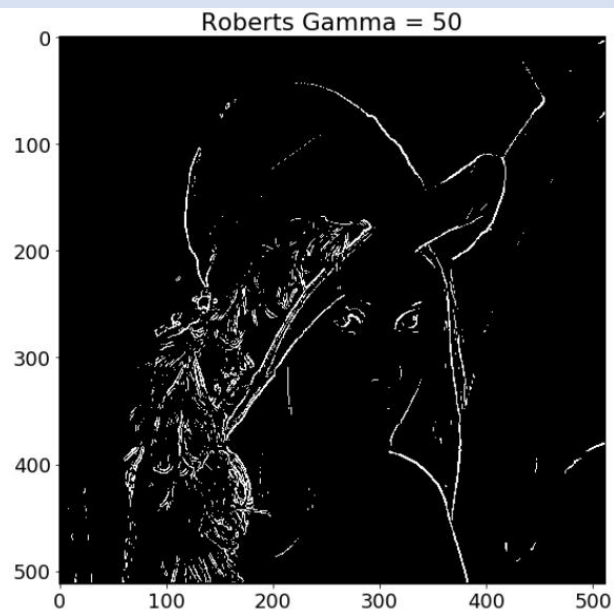
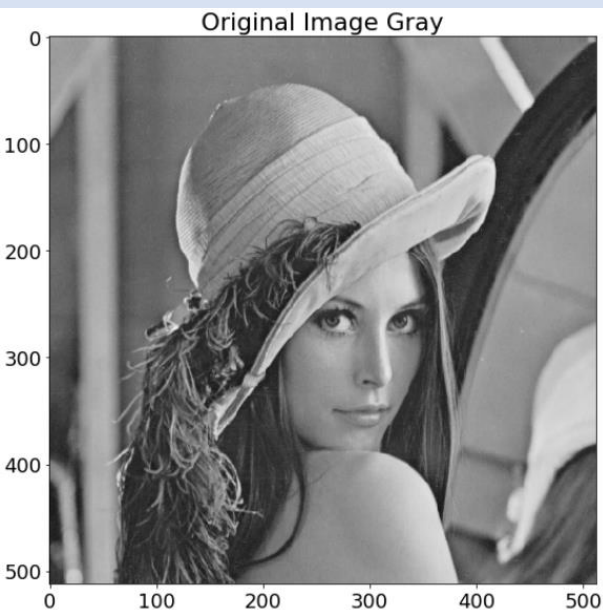
$$G_y = I(i + 1, j) - I(i, j + 1)$$

$$|G| = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

$$\hat{I}(i, j) = \begin{cases} I_+ = 255: |G| \geq \gamma \\ I_- = 0: |G| < \gamma \end{cases}$$



# Градiєнтний оператор Робертса



# Градiєнтний оператор Превітта

Вікно – «квадрат»  $3 * 3$ .

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

-1	0	1
-1	0	1
-1	0	1

$G_x$

-1	-1	-1
0	0	0
1	1	1

$G_y$

# Градiєнтний оператор Превітта

Вікно – «квадрат»  $3 * 3$ .

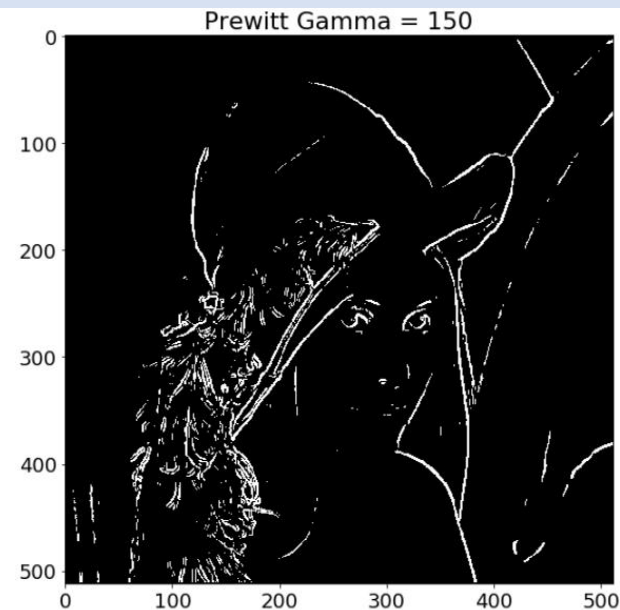
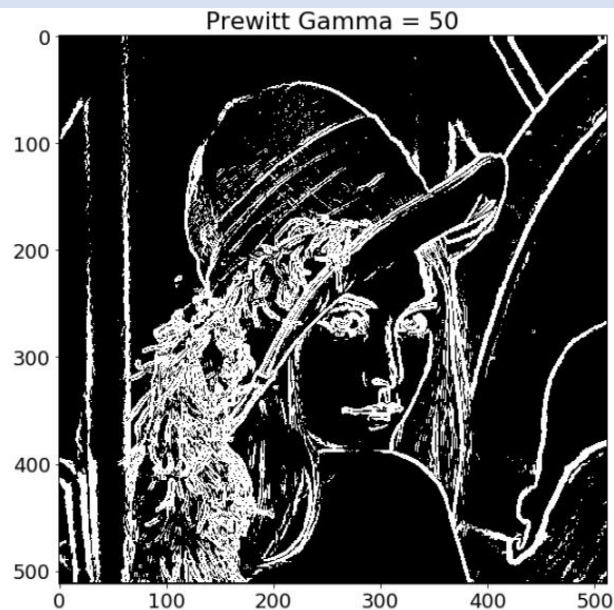
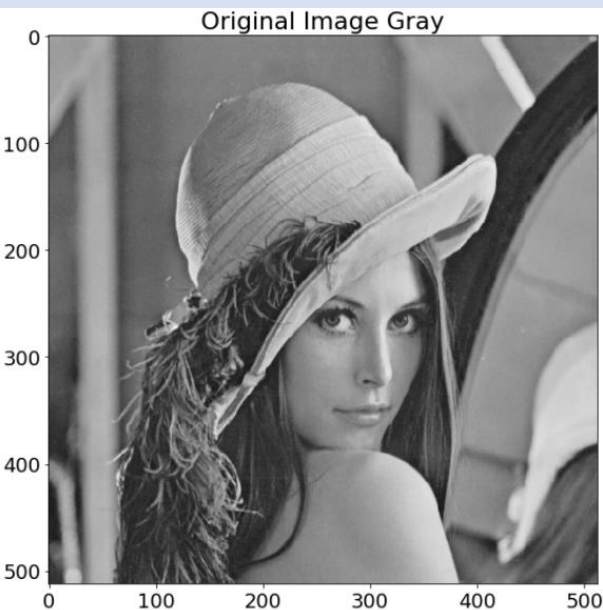
$$G_x = I_{-1,1} + I_{0,1} + I_{1,1} - I_{-1,-1} - I_{0,-1} - I_{1,-1}$$

$$G_y = I_{1,-1} + I_{1,0} + I_{1,1} - I_{-1,-1} - I_{-1,0} - I_{-1,1}$$

$$|G| = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

$$\hat{I}(i, j) = \begin{cases} I_+ = 255: |G| \geq \gamma \\ I_- = 0: |G| < \gamma \end{cases}$$

# Градiєнтний оператор Превітта



# Градiєнтний оператор Собеля

Вікно – «квадрат»  $3 * 3$ .

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

$G_x$

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

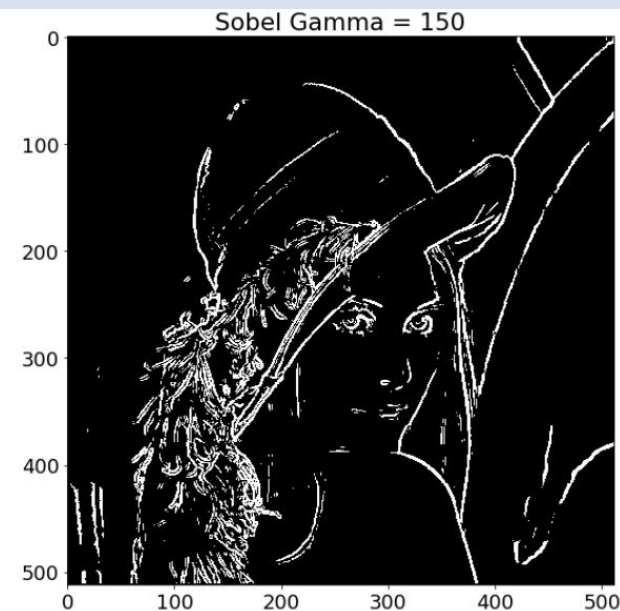
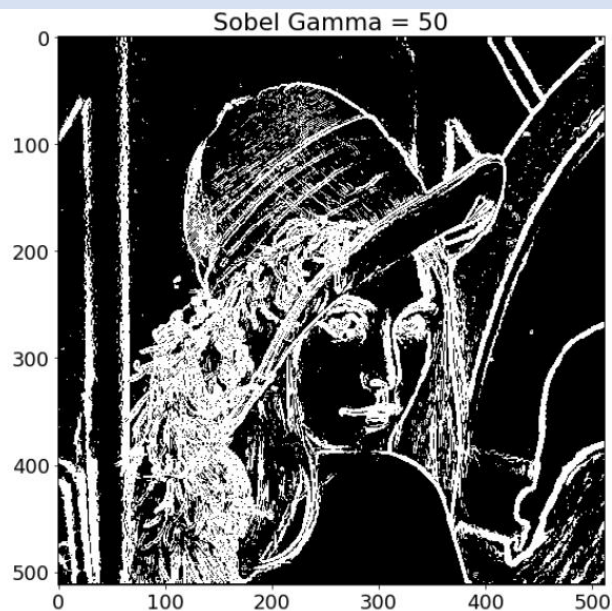
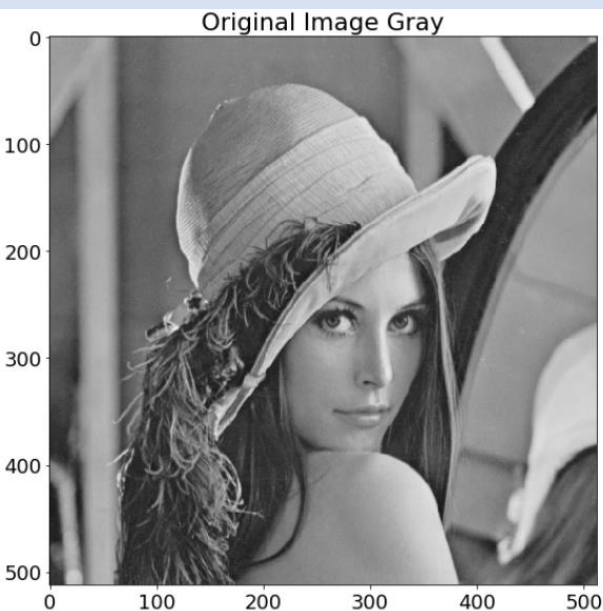
$G_y$

$$G_x = I_{-1,1} + 2I_{0,1} + I_{1,1} - I_{-1,-1} - 2I_{0,-1} - I_{1,-1}$$

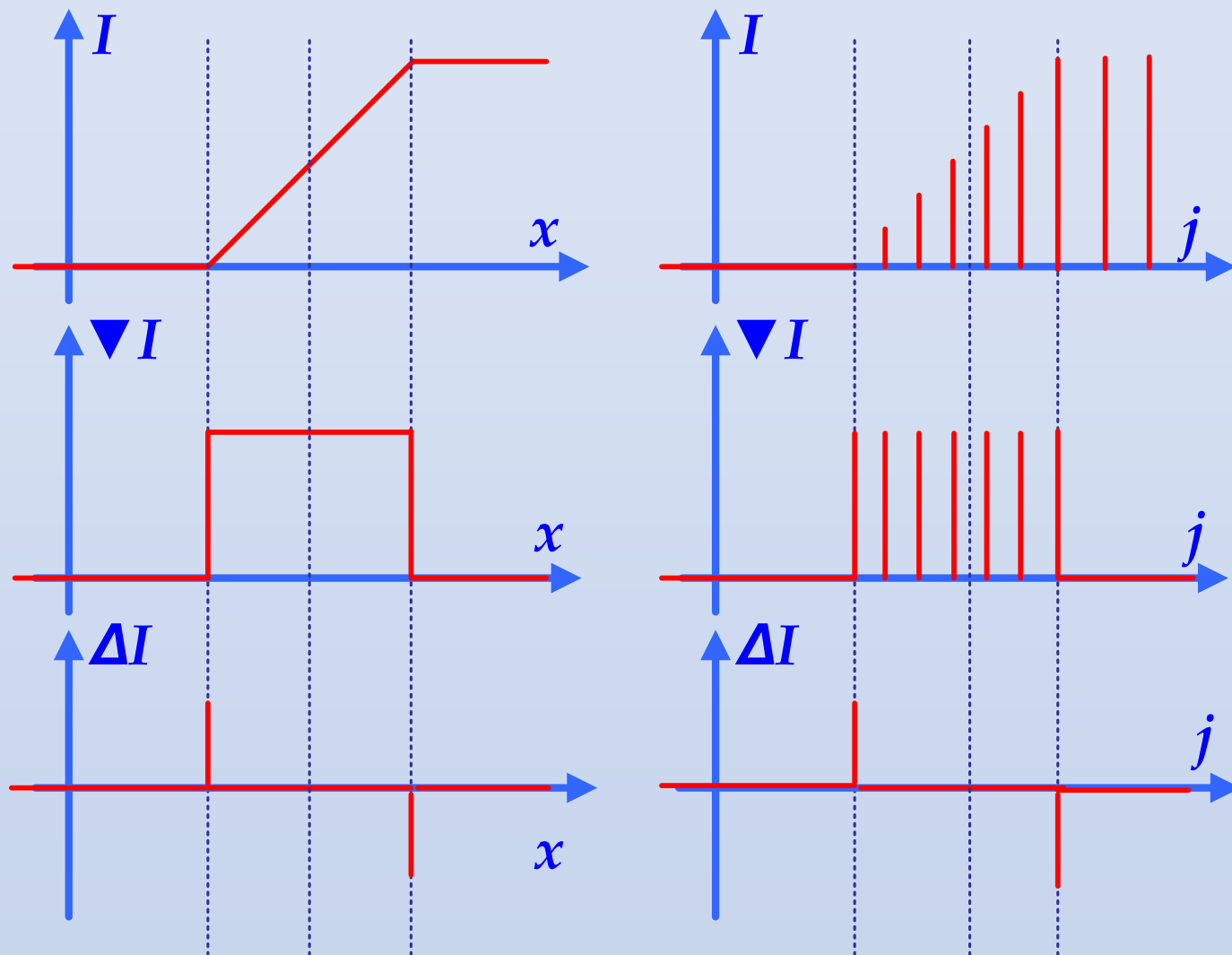
$$G_y = I_{1,-1} + 2I_{1,0} + I_{1,1} - I_{-1,-1} - 2I_{-1,0} - I_{-1,1}$$

$$\hat{I}(i,j) = \begin{cases} I_+ = 255: |G| \geq \gamma \\ I_- = 0: |G| < \gamma \end{cases}$$

# Градiєнтний оператор Собеля



# Дискретний Лапласіан



# Дискретний Лапласіан

Вікно – «квадрат»  $3 * 3$ .

0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0

$\Delta$

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

$\Delta$

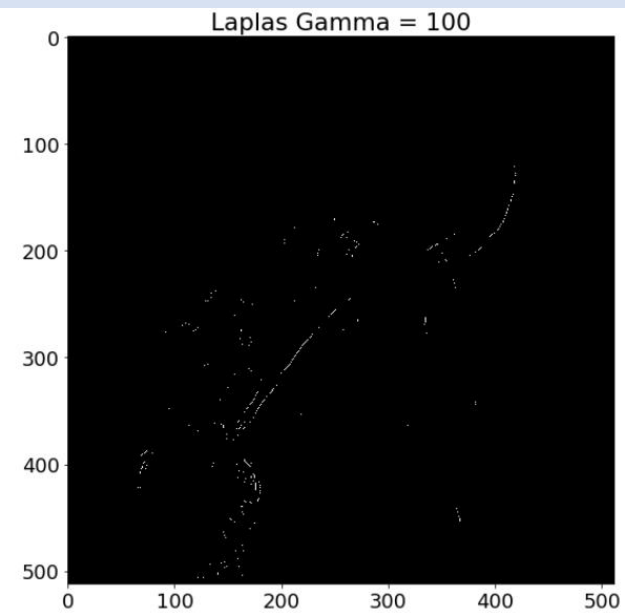
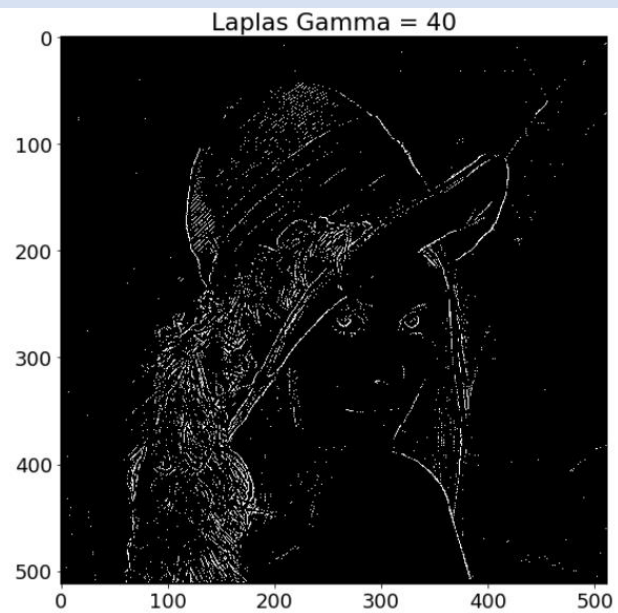
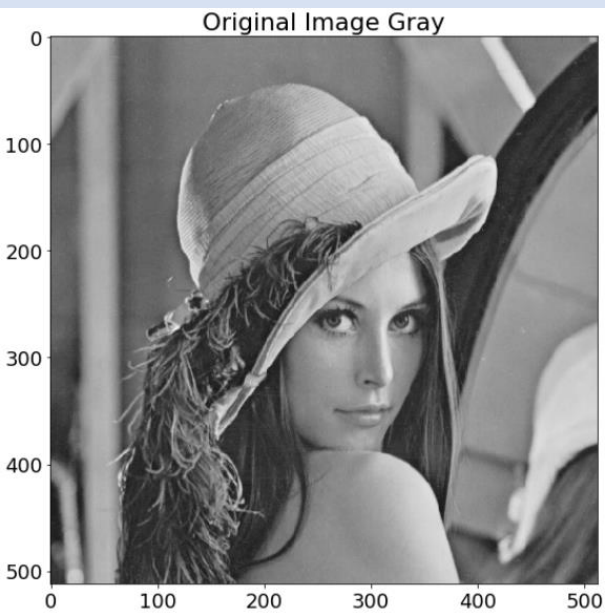
$$\Delta_x = 4I_{0,0} - (I_{-1,-1} + I_{0,-1} + I_{0,1} + I_{1,0})$$

$$\Delta_y = 8I_{0,0} - (\dots \dots)$$

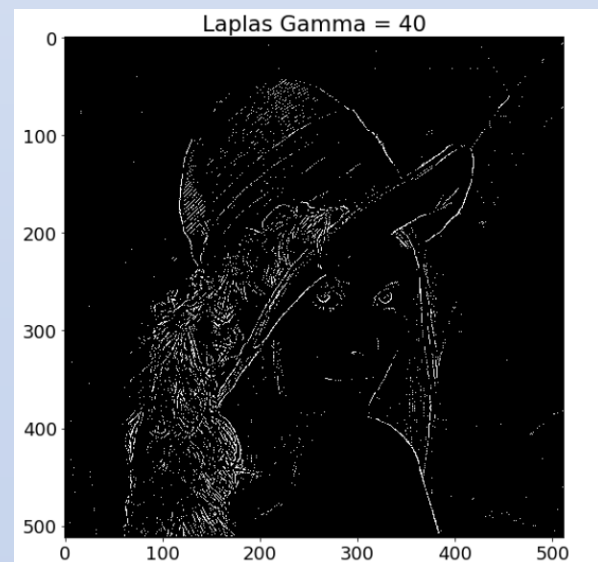
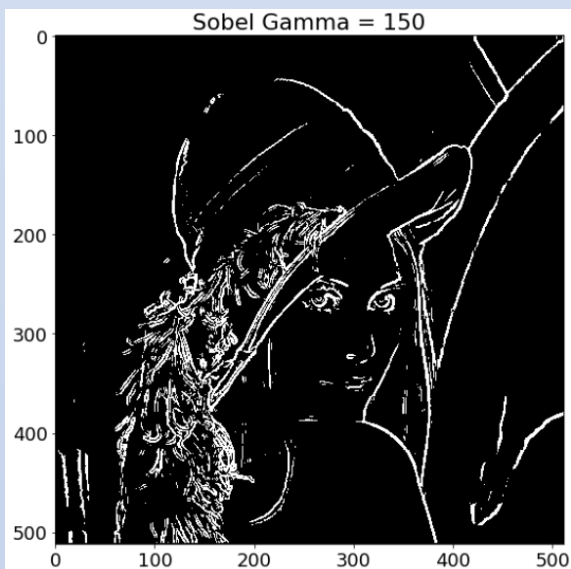
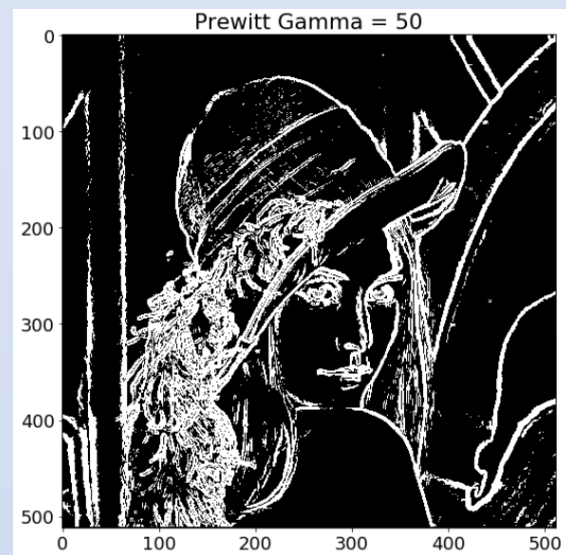
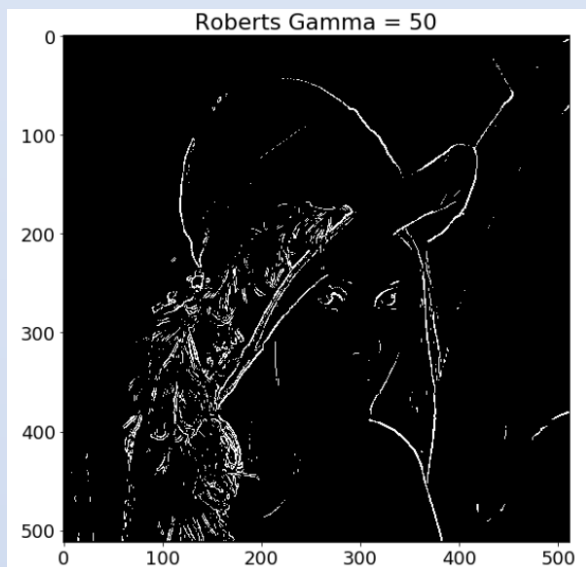
$$\hat{I}(i, j) = \begin{cases} I_+ = 255: & |\Delta| \geq \gamma \\ I_- = 0: & |\Delta| < \gamma \end{cases}$$



# Лапласіан



# Порівняння



## 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/](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 3**