

КОМП'ЮТЕРНА ОБРОБКА ЗОБРАЖЕНЬ

Digital Image Processing - DIP

Фільтрація зображень

1. Загальні відомості з цифрової фільтрації двовимірних сигналів. Базові маніпуляції
2. Лінійні фільтри. Фільтр Гауса.
3. Лінійні фільтри. Фільтр Лапласа
4. Нелінійні фільтри

1. Фільтрація зображень

Інформація, що міститься в зображенні:

- корисна інформація низького і високого рівня;
- помилкова інформація (шум, що виникає через недосконалість сканерів і зберігання і передачі зображень з втратами).

Види шуму на зображенні:

- «сіль і перець»: випадкові чорні і білі пікселі;
- імпульсний: випадкові білі пікселі;
- гаусів: коливання яскравості, розподілені за нормальним законом.

Інформація, що міститься в зображенні:

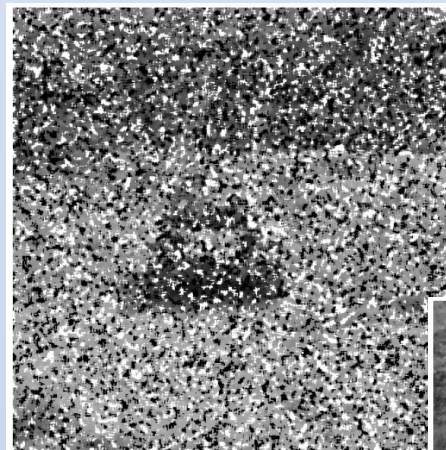
Корисна інформація високого рівня містить дані про об'єкти зображення (*метайнформація*)

Корисна інформація низького рівня:

- низькочастотні складові (несуть інформацію про області зображення, однорідні за певною ознакою);
- високочастотні складові (відповідають за колірні перепади - контури зображення);
- текстури зображення (характеристики ділянок в контурах зображення).

Види шуму на зображенні:

- «сіль і перець»: випадкові чорні і білі пікселі;
- імпульсний: випадкові білі пікселі;
- гаусів: коливання яскравості, розподілені за нормальним законом.



Мета фільтрації зображення

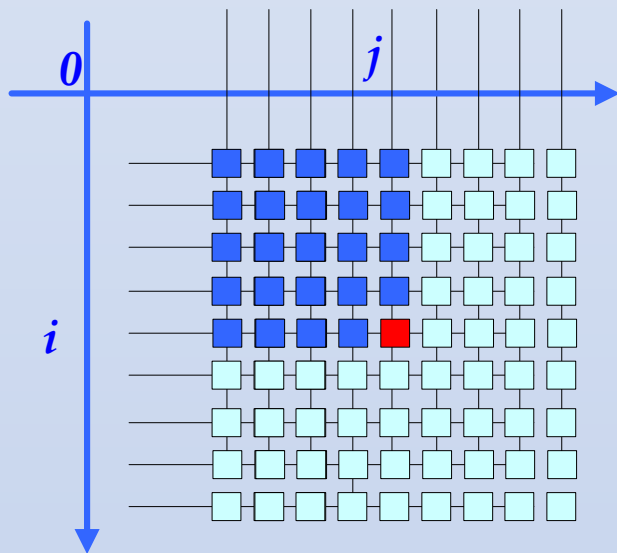
- 1) Подавлення і усунення шуму типу «сіль і перець» і малих областей;
- 2) посилення і виділення корисної інформації (корекція яскравості, виділення областей, однорідних за кольором, виділення кордонів різких змін кольору).

Фільтрація зображень

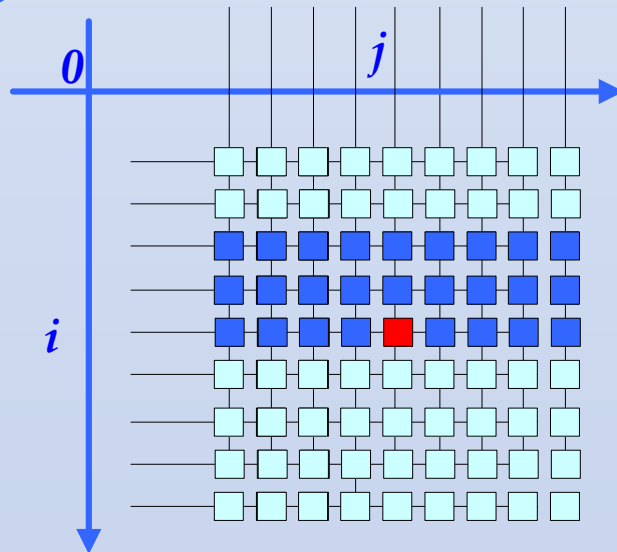
Фільтрація зображень являє собою операцію, що має своїм результатом зображення того ж розміру, отримане з вихідного за деякими правилами. Інтенсивність (колір) кожного пікселя результуючого зображення обумовлена інтенсивністями (кольорами) пікселів, розташованих в деякому його околі в вихідному зображенні.

Приклади околів

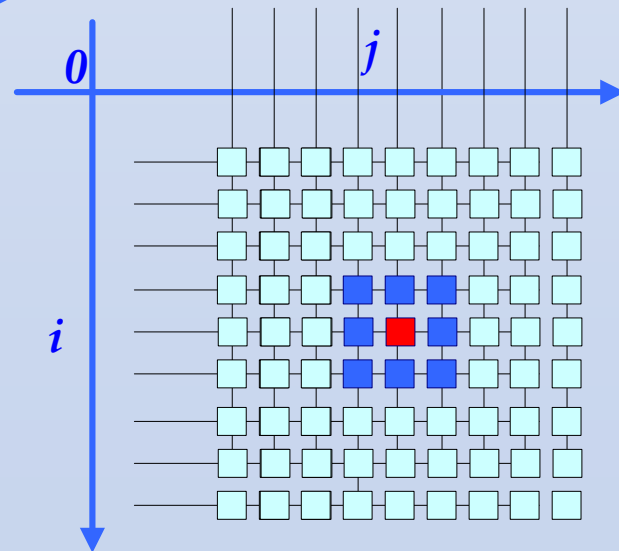
Каузальна
фільтрація



Напівкаузальна
фільтрація



Некаузальна
фільтрація



Окіл

Каузальний окіл - (і обробка, що використовує його) - обидві координати (номер рядка і номер стовпця) всіх точок околу не перевищують відповідних координат поточної точки.

Напівкаузальний — серед точок околу є точки, координати яких не перевищують робочу точку в одному напрямку, але перевищують її в іншому.

Некаузальний — серед точок околу є точки, координати яких перевищують робочу точку в обох напрямках.

Фільтрація – просторова операція згортки

Математично це згортка двовимірної функції g по функції f у дискретному випадку:

$$\langle g * f \rangle(i, j) = \sum_{l=n_0}^{n_1} \sum_{k=m_0}^{m_1} g(i - l, j - k) * f(l, k)$$

l, k - координати околу.

Для всіх

$$0 \leq i \leq N - 1, 0 \leq j \leq M - 1$$

Фільтр – просторова операція згортки

$$\hat{I}(i, j) = \frac{1}{D} \sum_{l=-L}^L \sum_{k=-K}^K I(i-l, j-k) * F(k, l)$$

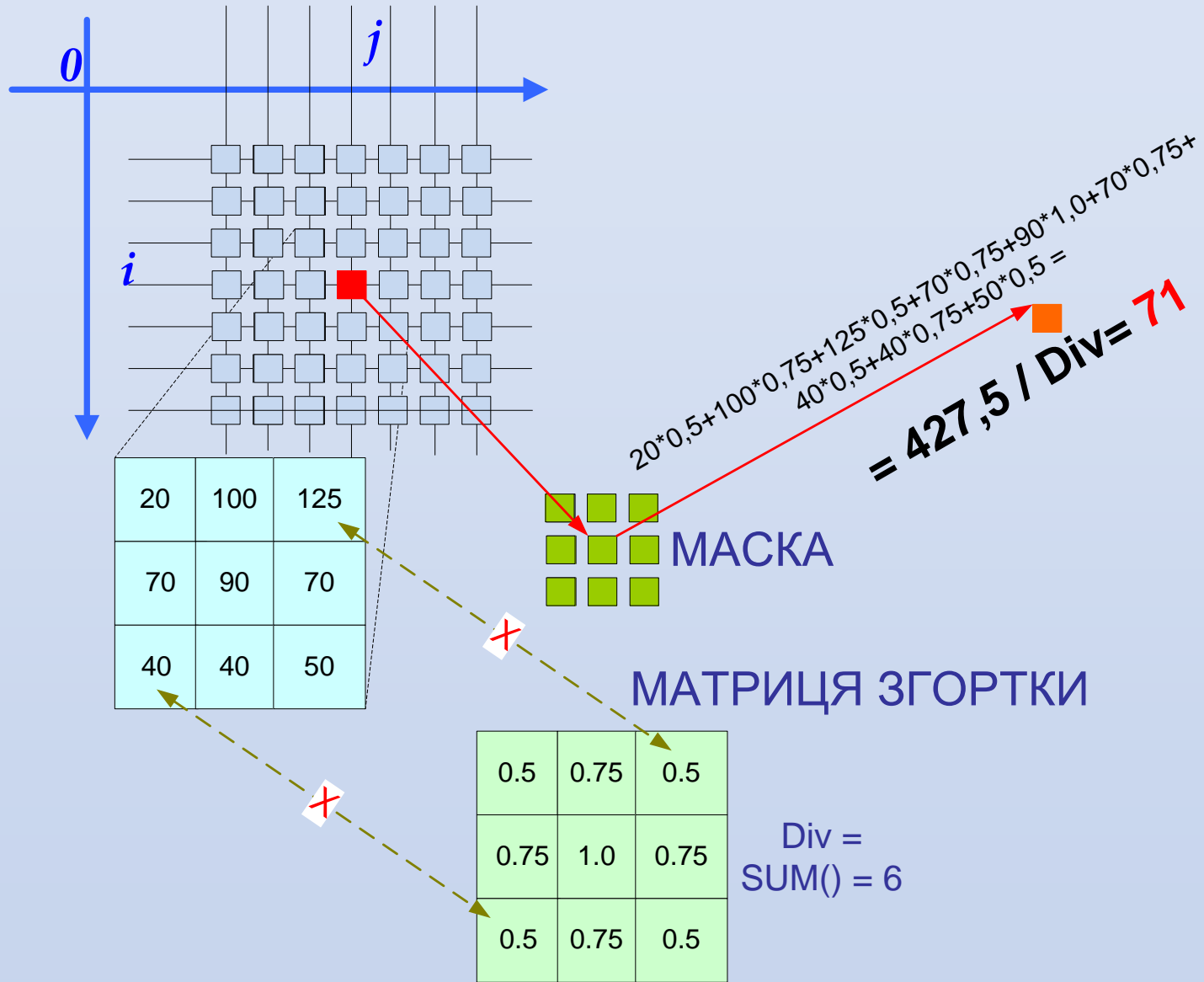
$I(i, j)$ - яскравість i, j -го пікселю до фільтрації.

$\hat{I}(i, j)$ - яскравість i, j -го пікселю після фільтрації.

$F(k, l)$ - матриця згортки - вагові коефіцієнти фільтру.

l, k - координати околу, D - деякий коефіцієнт.

Фільтр – просторова операція згортки



Матриця згортки — квадратна (не обов'язково) матриця, елементи якої помножуються на елементи вихідного зображення.

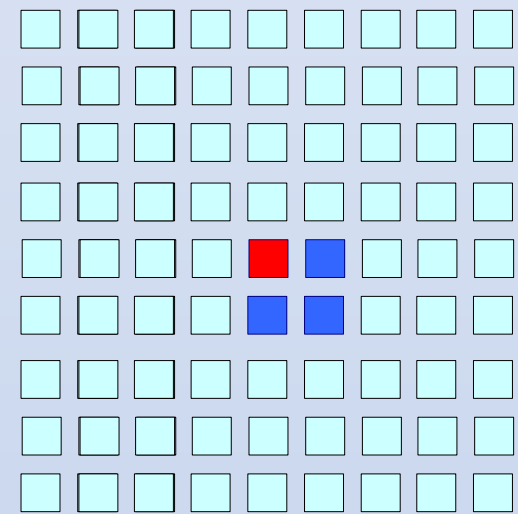
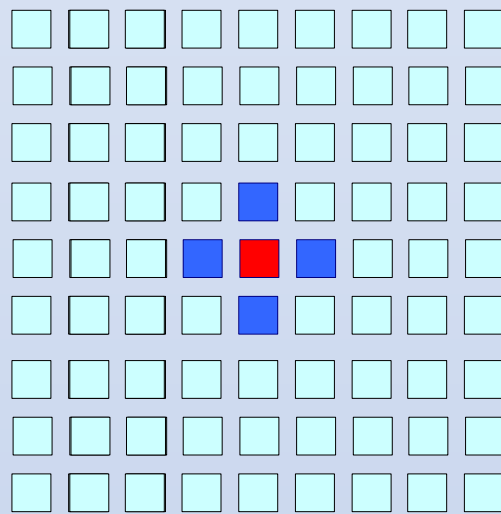
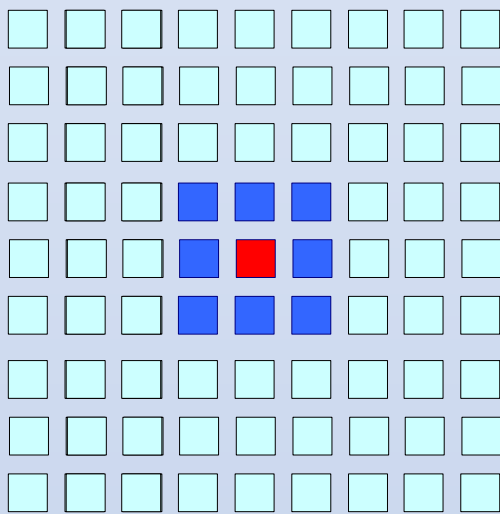
Наприклад, фільтр розмірності $3 * 3$ в загальному випадку:

$$F = \begin{bmatrix} f_{-1,-1} & f_{-1,0} & f_{-1,1} \\ f_{0,-1} & f_{0,0} & f_{0,1} \\ f_{1,-1} & f_{1,0} & f_{1,1} \end{bmatrix}$$

ядро (kernel), вікно

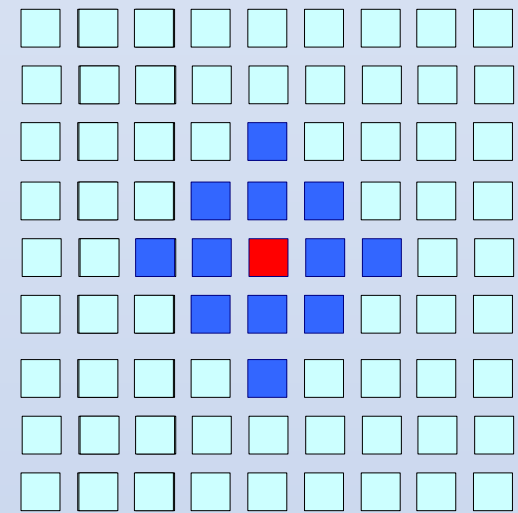
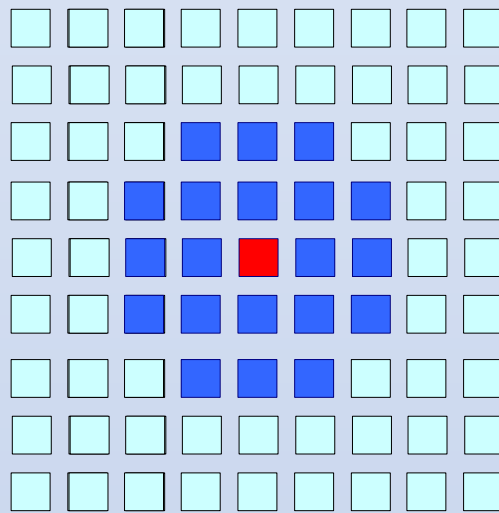
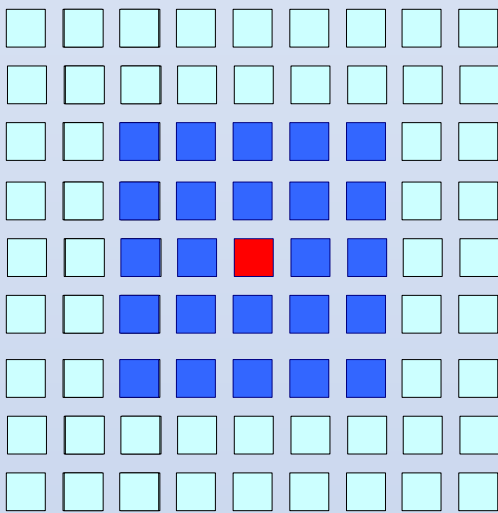
Приклади околів

Некаузальна фільтрація (3 x 3)

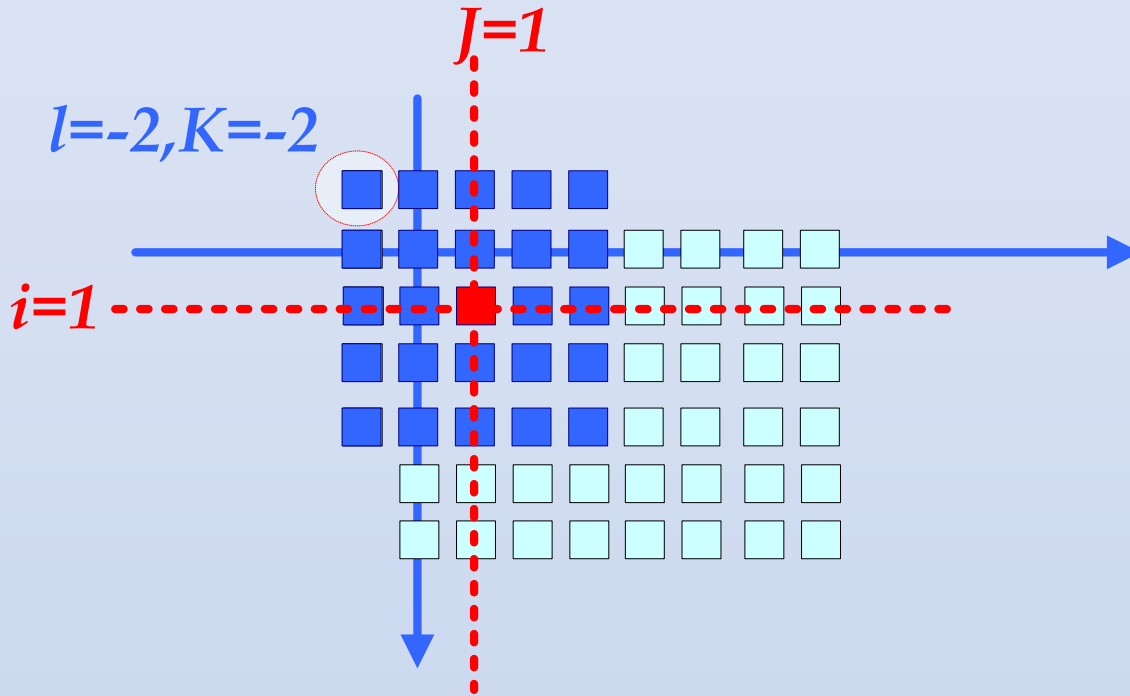


Приклади околів

Некаузальна фільтрація (5 x 5)



Порушення кордонів зображення



- Зменшення розміру зображення
- Додавання пікселів на межах (екстраполяція)
- Дзеркальне відображення

Порушення меж яскравостей

Обчислення інтенсивності пікселя виходить за межі

$$\begin{aligned}\hat{I}(i, j) &< 0, \\ \hat{I}(i, j) &> L - 1\end{aligned}$$

Масштабувати отримані значення при позитивних відгуках фільтра $\hat{I}(i, j)$ - звузити діапазон.

При негативному відгуку $\hat{I}(i, j) < 0$ брати або абсолютне значення (по модулю), або приводити до нуля.

2. Лінійні фільтри.

Середньоарифметичний фільтр.

Фільтр Гауса

Лінійний фільтр

Лінійні фільтри - фільтри, вихід Y яких формується перемноженням вагових множників маски F з елементами зображення I .

Фільтри розмивання (згладжування) — фільтри для усунення деталей (зазвичай малорозмірних), що заважають сприйняттю корисних об'єктів на зображеннях (так звана генералізація зображення).

Лінійний середньоарифметичний фільтр

Загальне співвідношення для обчислення лінійного фільтра усереднення:

$$\hat{I}(i, j) = \frac{1}{N_w} \sum_{l=-L}^L \sum_{k=-K}^K I(i-l, j-k)$$

Лінійний середньоарифметичний фільтр

Найпростіший фільтр розмивання (**box filter**) \rightarrow лінійний фільтр усереднення значень пікселів \rightarrow згортка по константній функції. Наприклад, для вікна $3*3$ ($K=L=1$)

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

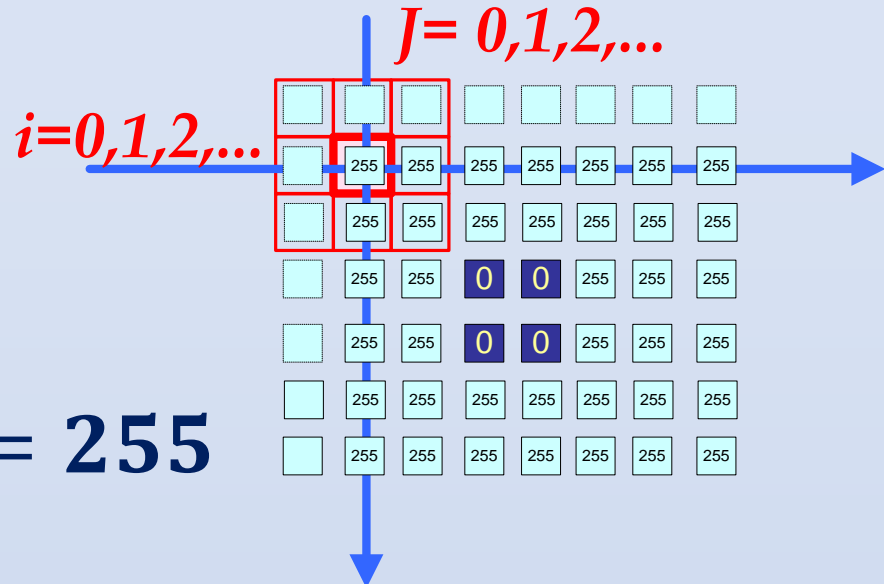
Тобто: $f_{k,l} = 1$,

$N_w = K*L = 9$ – загальна кількість пікселів вікна

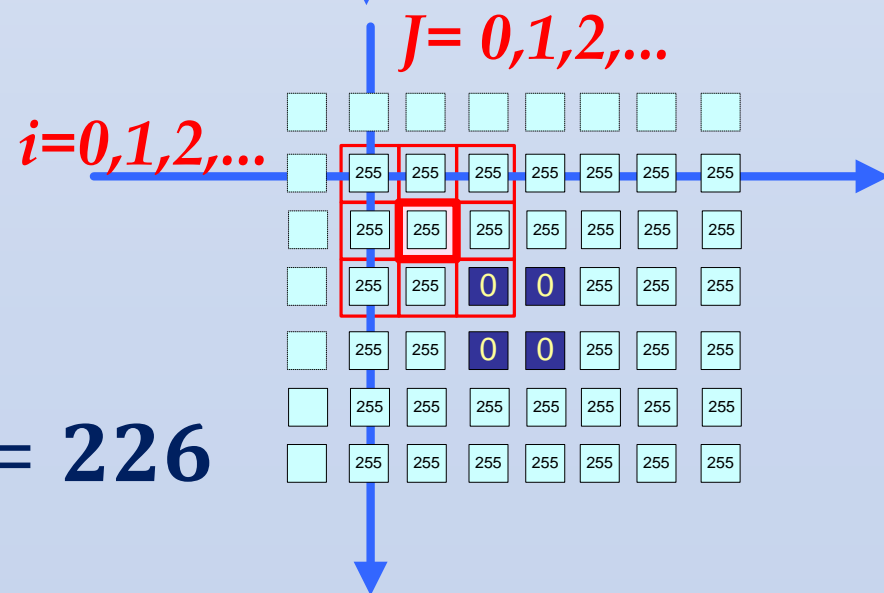
Лінійний середньоарифметичний фільтр

$$F = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad N_w = 9$$

$$i = 0, j = 0: \hat{I}(0, 0) = 255$$



$$i = 1, j = 1: \hat{I}(1, 1) = 226$$

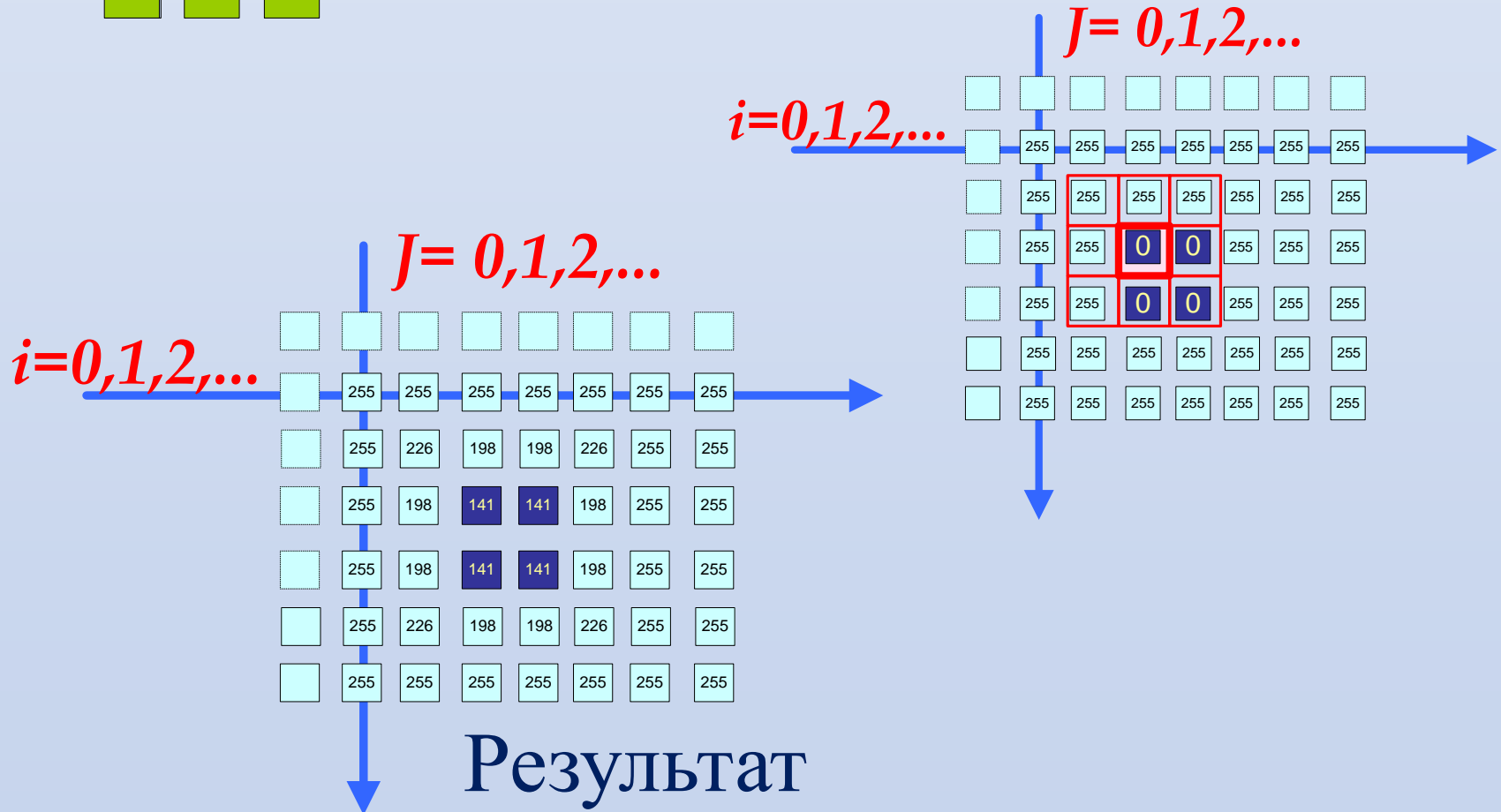


Лінійний середньоарифметичний фільтр

$$F = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad N_w = 9$$

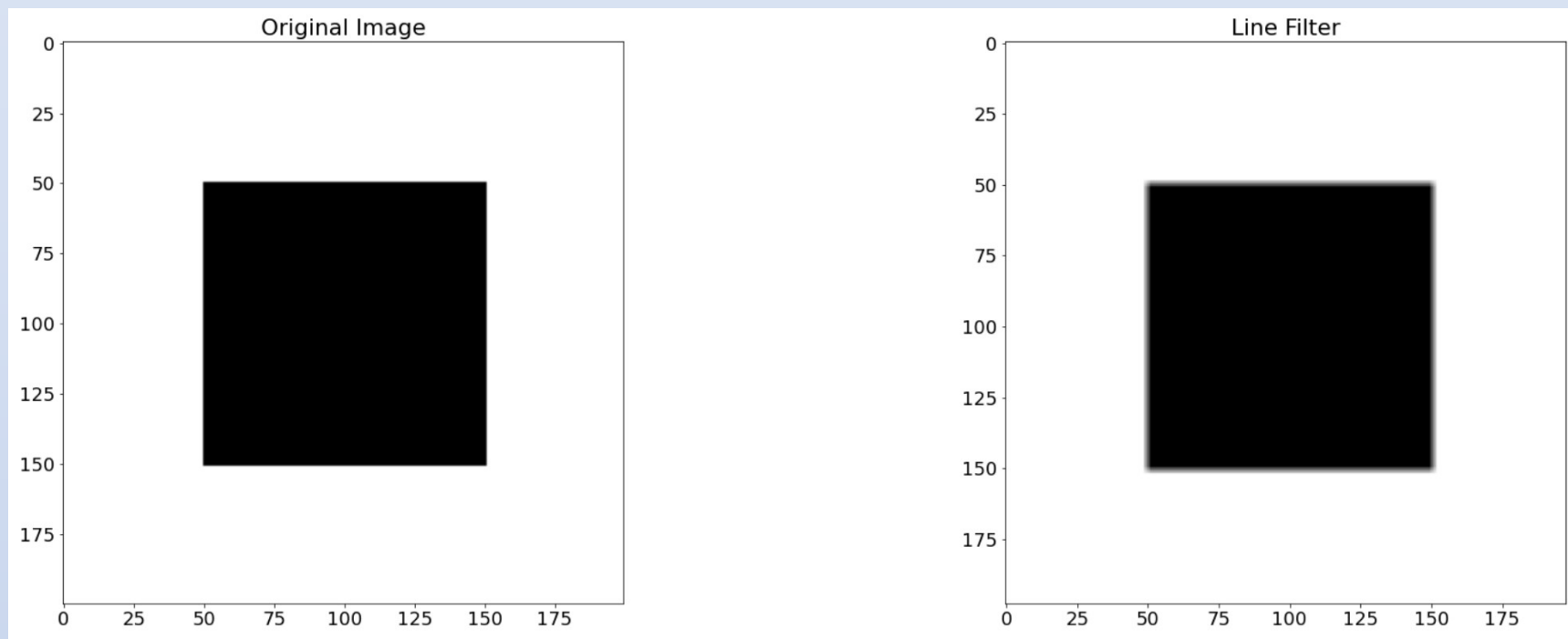
$$i = 2, j = 1: \hat{I}(2, 1) = 198$$

$$i = 2, j = 2: \hat{I}(2, 2) = 141$$



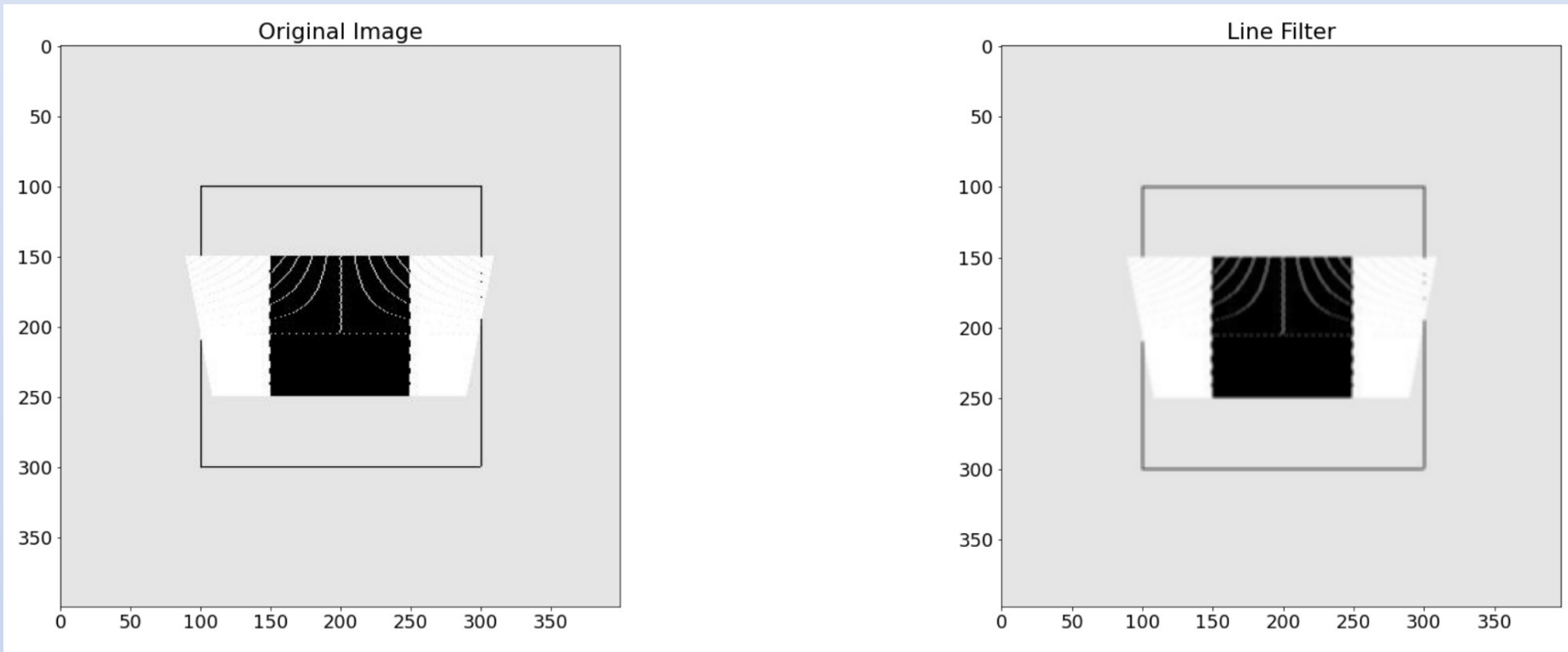
Лінійний середньоарифметичний фільтр

Результат



Лінійний середньоарифметичний фільтр

Зменшення шуму



Лінійний середньоарифметичний фільтр

Зменшення шуму



Лінійний середньоарифметичний фільтр

Інші варіанти:

1. Вікно $5*5$ ($K=L=2$); $N_w = 25$

2. Зважене середнє. Вікно $3*3$ ($K=L=1$)

$$F = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

$$N_w = 16$$

Фільтр Гауса для розмивання:

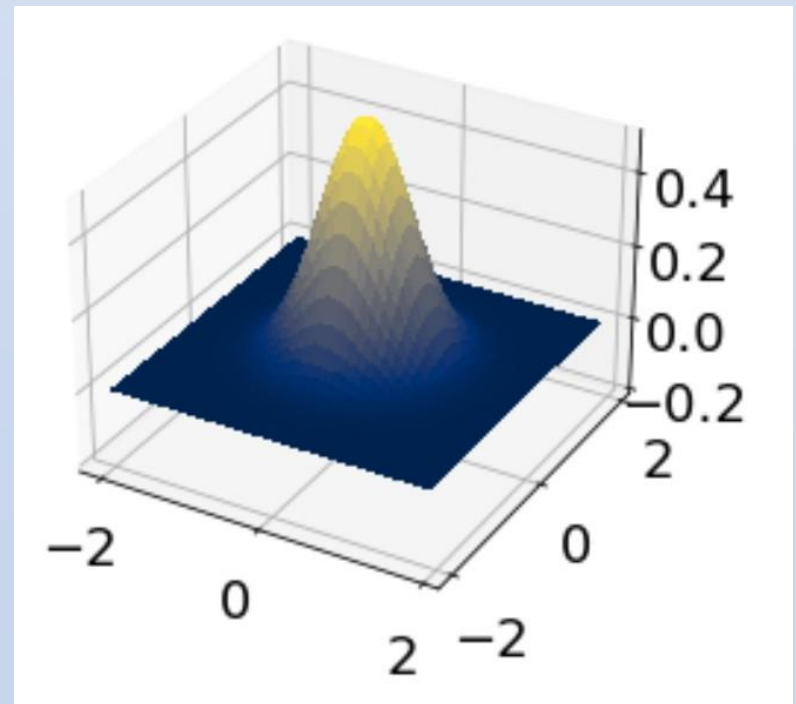
Лінійний зважений фільтр

$$\hat{I}(i, j) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \sum_{l=-L}^L \sum_{k=-K}^K I(i-l, j-k) e^{-\frac{d^2}{2\sigma^2}}$$

σ – радіус
розмивання,

$$d = \sqrt{l^2 + k^2}$$

*Пів розміру маски
фільтру приблизно 3σ*



Фільтр Гауса для розмивання:

$\sigma=1$

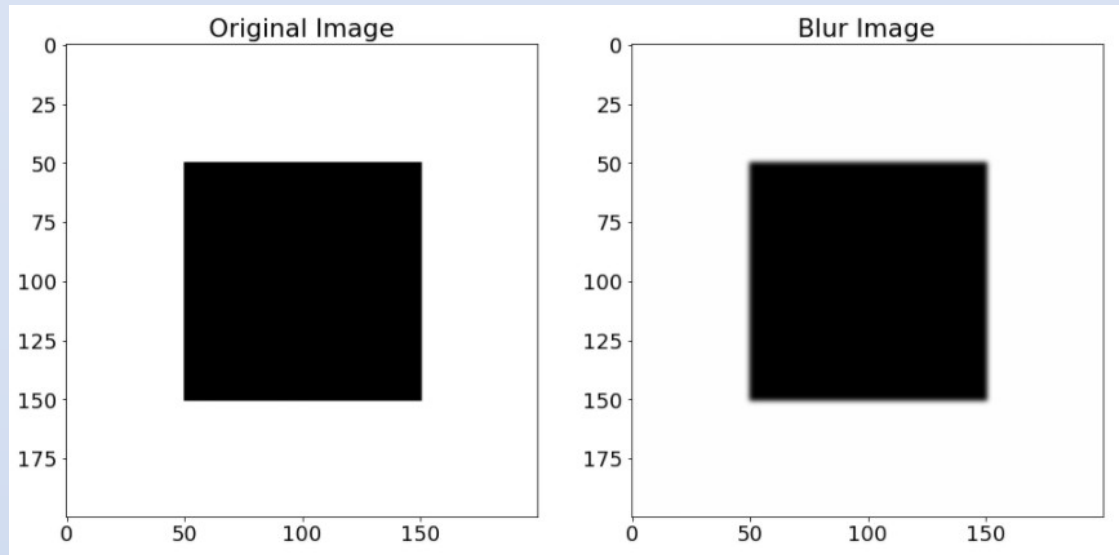
$F=$	0.003	0.013	0.022	0.013	0.003
	0.013	0.059	0.097	0.059	0.013
	0.022	0.097	0.159	0.097	0.022
	0.013	0.059	0.097	0.059	0.013
	0.003	0.013	0.022	0.013	0.003

$\sigma=.8$

$F=$	0.000789	0.006581	0.013347	0.006581	0.000789
	0.006581	0.05491	0.111345	0.05491	0.006581
	0.013347	0.111345	0.225821	0.111345	0.013347
	0.006581	0.05491	0.111345	0.05491	0.006581
	0.000789	0.006581	0.013347	0.006581	0.000789

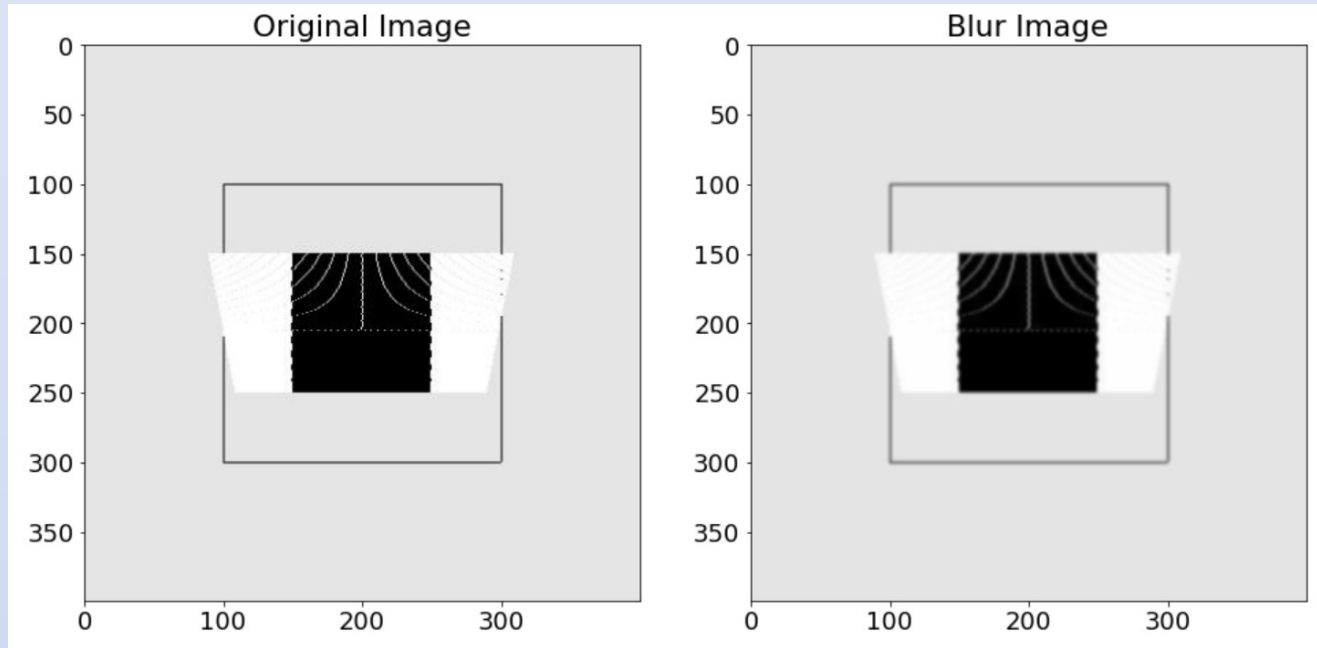
Фільтр Гауса для розмивання:

$\sigma=1$

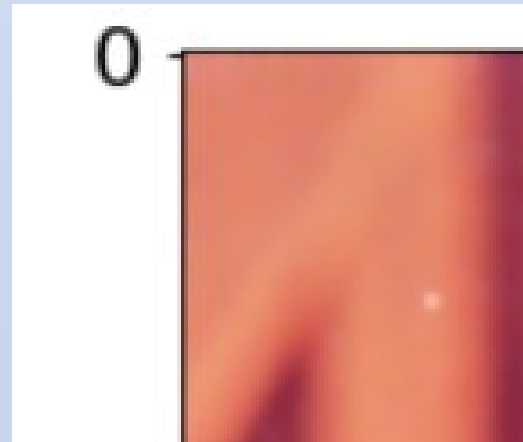
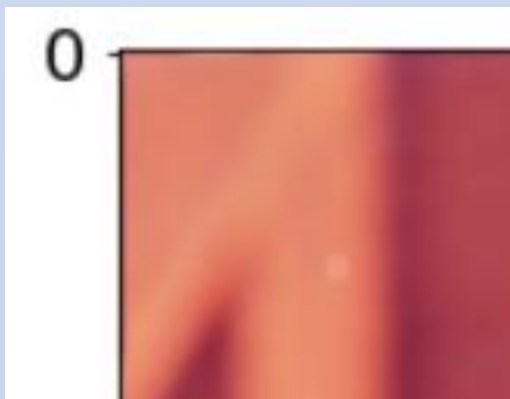
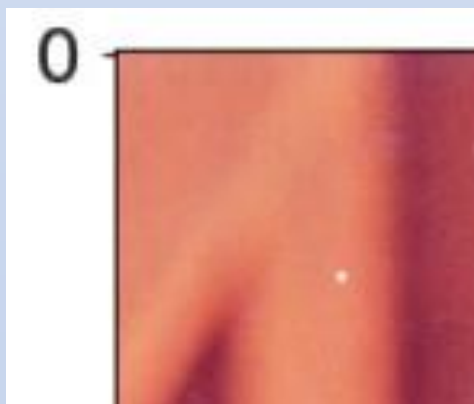
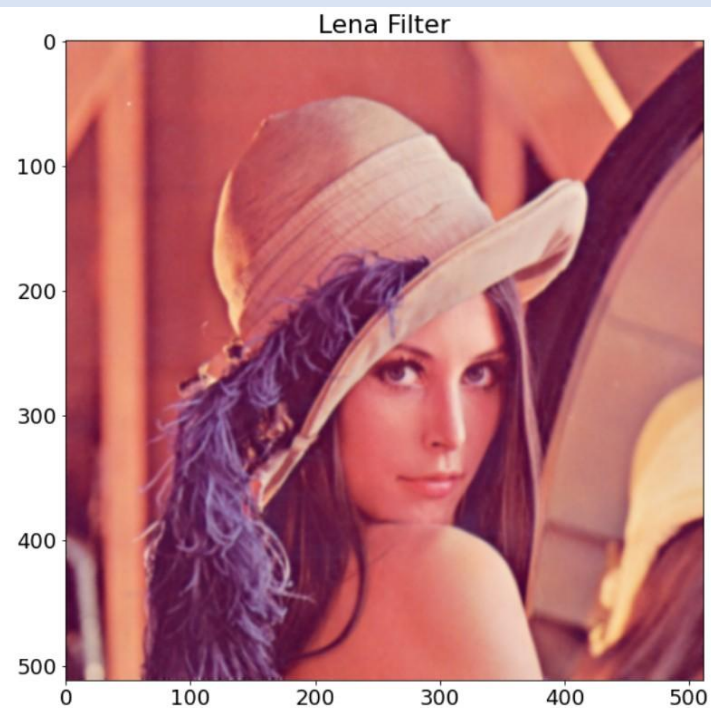
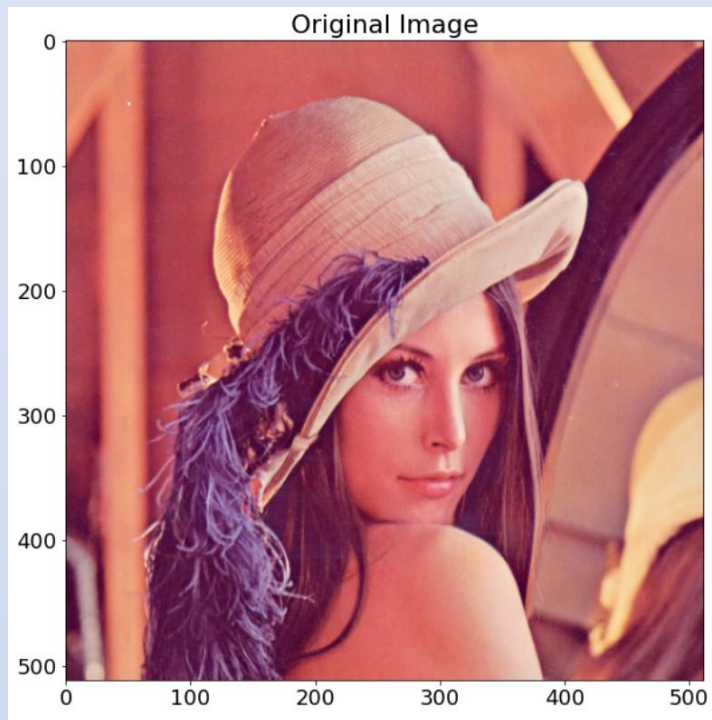


Фільтр Гауса для розмивання:

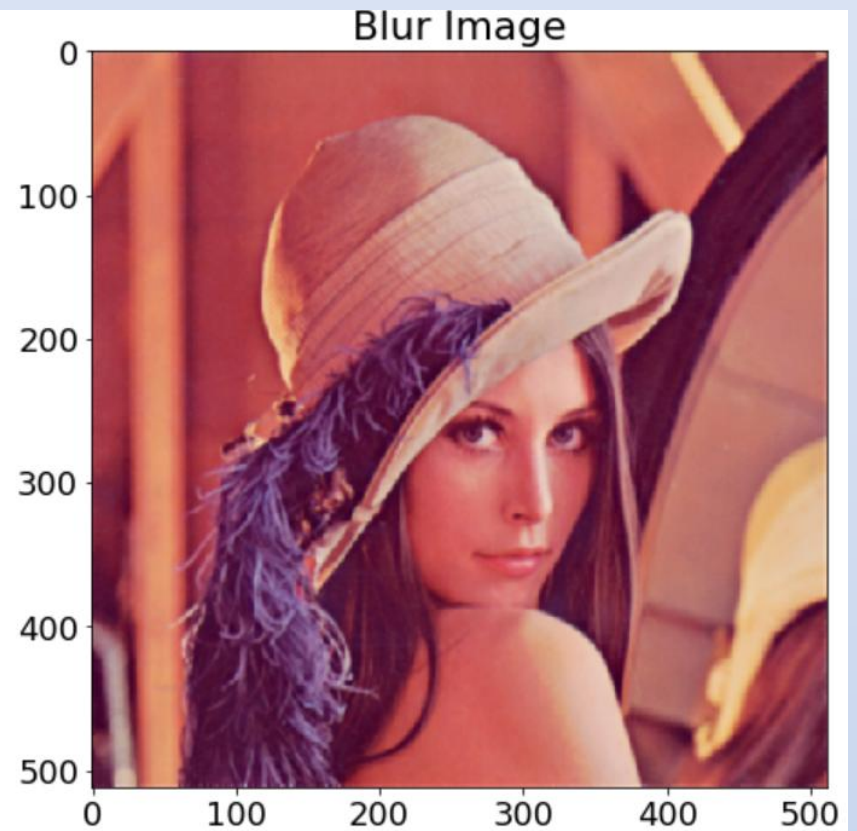
$\sigma=1$



Фільтр усереднення. Приклад



Фільтр Гауса. Приклад



Фільтр: розмивання



Лінійні фільтри

Застосовується для вирішення наступних завдань:

- зменшення шуму, який утворюється через різкі перепади значень яскравості;
- зменшення деталей, які не несуть смислового навантаження, розміри яких малі в порівнянні з розмірами маски фільтра;
- згладжування помилкових контурів, що виникають через дискретизацію або перетворень з використанням недостатню кількість рівнів яскравості (похибки квантизації).

Лінійний середньоарифметичний фільтр

Мінуси: розмиття корисних контурів, які також мають різкі перепади значень яскравості.

Застосування фільтру на практиці часто обумовлено його прийнятним згладжуванням шуму зображень за умови його дуже високої обчислювальної ефективності.

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 05