

# Обробка та розпізнавання зображень

Матвієнко В.Т. \*

20 лютого 2022 р.



# Зміст

<b>1</b>	<b>Покращення якості зображення</b>	<b>1</b>
1.1	Вступ	1
1.2	Лінійне контрастування зображення	1
1.3	Соляризація зображення	2
1.4	Препарування зображення	3
1.5	Контрастність зображення	4
1.6	Медіанна фільтрація	5
1.6.i	Опис алгоритму медіанного фільтра	5
1.7	Логарифмічне перетворення зображень	6
1.8	Степеневе перетворення	6
1.9	Обробка зображень нелінійними перетвореннями	6
1.9.i	Корінь із спектральних коефіцієнтів	7
1.9.ii	Узагальнений кепстр	7



# 1 Покращення якості зображення

Розглянемо методи, за допомогою яких можна надати зображенню такої якості, щоб воно сприймалося людиною більш комфортно. Часто корисним буває підкреслити деякі риси, нюанси картинки, щоб покращити її суб'єктивне сприйняття.

## §1.1 Вступ

Спочатку опишемо, як зображення задається у цифровому вигляді (в пам'яті комп'ютера). Зображення можна розуміти як матрицю. Якщо зображення чорно-біле, то кожна його точка задається 1-байтним числом - від 0 до 255. Це число - значення інтенсивності точки, 0 відповідає рівню чорного (найтемніший), 255 - білого (найсвітліший). Для кольорового зображення потрібно зберігати 3 значення інтенсивності для каналів червоного, зеленого та синього, згідно із стандартом RGB.

**Означення 1.1.** Нехай  $x_{min}, x_{max}$  - максимальне та мінімальне значення інтенсивності відповідно.

**Діапазон інтенсивності зображення** - це проміжок  $[x_{min}, x_{max}]$ , в межах якого лежать інтенсивності усіх точок (пікселів) зображення.

Однак границі діапазону зображення можуть змінюватися лише в межах від 0 до 255. Будемо називати ці числа *граничними значеннями яскравості діапазону*.

## §1.2 Лінійне контрастування зображення

Задача контрастування вирішує проблему узгодженості діапазону зображення із оригінальним.

Приклад: нехай  $x_{min}, x_{max}$  лежать далеко від границь діапазону. Тоді зображення буде виглядати ненасиченим, неконтрастним, ніби в тумані. Багато відтінків світла і темряви вже не розрізняються.

Нехай ми знаємо, до яких границь потрібно розширити діапазон -  $[y_{min}, y_{max}]$ . При лінійному контрастуванні ми використовуємо лінійне перетворення, щоб спроектувати початковий діапазон на бажаний:

$$y_{min} = ax_{min} + b \quad (1.1)$$

$$y_{max} = ax_{max} + b \quad (1.2)$$

Отриману систему з невідомими  $a, b$  розв'язуємо і отримуємо формулу проектування:

$$y = f(x) = \frac{y_{max} - y_{min}}{x_{max} - x_{min}}(x - x_{min}) + y_{min}$$

Тут  $x$  - початкова інтенсивність,  $y$  - кінцева.

Одним із рішень є максимально розширити діапазон зображення  $[x_{min}, x_{max}]$ . Це означає, що потрібно спроектувати його на діапазон зміни одnobайтних чисел  $[0, 255]$ .

$$y = \frac{255}{x_{max} - x_{min}}(x - x_{min}) \quad (1.3)$$



Рис. 1.1: Приклад: до і після контрастування

### §1.3 Соляризація зображення

**Означення 1.2.** Динамічний діапазон - це

При даній обробці перетворення має вигляд:

$$y = k \cdot x \cdot (x_{max} - x)$$

де  $x_{max}$  - максимальне значення початкового зображення,  $k$  - константа, яка задовольняє керування динамічним діапазоном.

Ця функція є квадратичною параболою. Її графік при  $k = 1$  має вигляд:

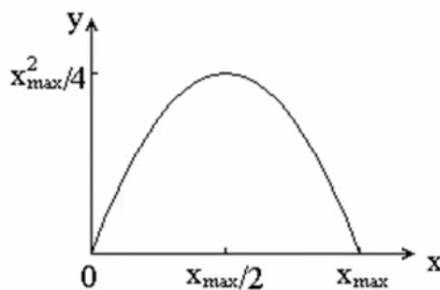


Рис. 1.2: Функція перетворення при  $k = 1$

Коефіцієнт  $k$  відповідає за керування діапазоном зміни інтенсивності після перетворення.

Отже, точки із прообразом  $\frac{x_{max}}{2}$  після перетворення буде найосвітленішою. А точки, які відповідали максимальній освітленості, після перетворення матимуть інтенсивність 0.



Рис. 1.3: Приклад соляризації

Призначення соляризації: зменшити інтенсивність світлих відтінків та збільшити інтенсивність середніх відтінків. Рівень білого після соляризації отримують області початкового зображення.

Після проведення соляризації потрібно зробити лінійне контрастування на  $[0, 255]$ . Якщо цього не зробити, то ми можемо вийти за межі 255, і адаптер спроектує їх на 255, і перетворення буде іншим.

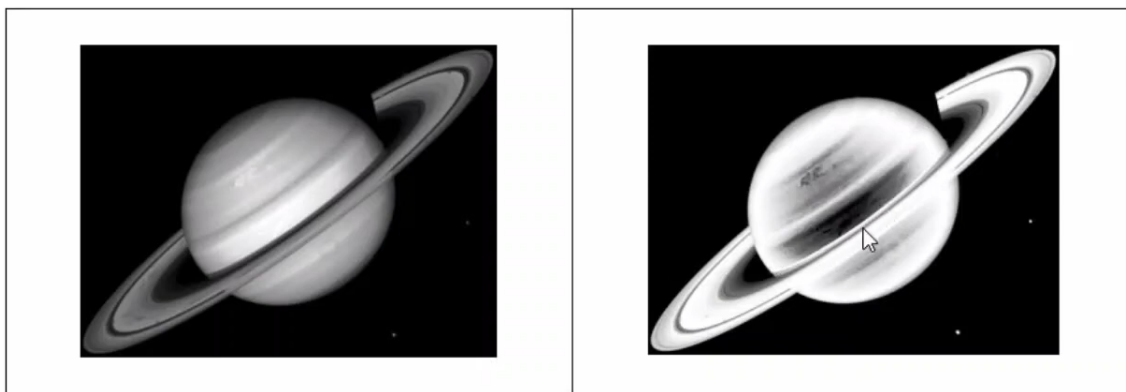


Рис. 1.4: Приклад соляризації

## §1.4 Препарування зображення

Препарування зображення - це цілий клас елементарних перетворень інтенсивності зображень. Кожне перетворення має свої характеристики і сценарії застосування.

Наприклад, бінаризація зображення. Ми переходимо від grayscale кольору до гама із двох кольорів - чорного і білого. Це перетворення застосовується, наприклад, при задачу потоншення контурів.

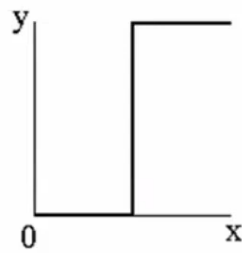
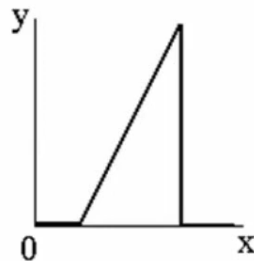


Рис. 1.5: Функція перетворення бінаризації

Наступне препарування діє таким чином:

1. Область із середньою зміною інтенсивності потраплять в область світлого.
2. Всі інші точки не зазнають перетворення

Розглянемо ще одне препарування, функція якого має вигляд:



Воно застосовується, щоб побачити детальніше зміни інтенсивності в середніх відтінках. Ще один приклад застосування бінаризації - отримання відбитку пальця.

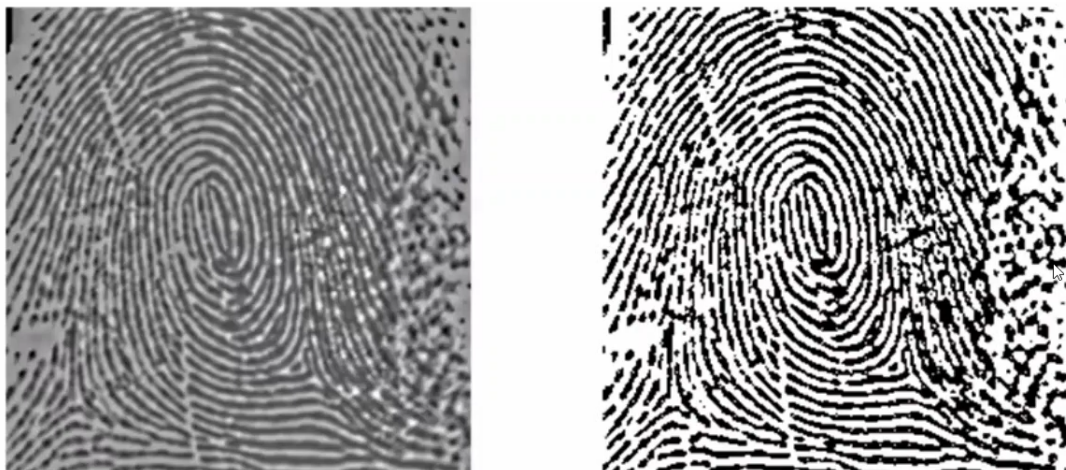


Рис. 1.6: Приклад бінаризації зображення

## §1.5 Контрастність зображення

Припустимо, ми вирішуємо задачу реставрації зображення. Нехай функція реставрації залежить від деяких параметрів. Нам потрібно підібрати такі значення цих параметрів, при яких зображення буде найбільш контрастним.



**Означення 1.3.** Контрастність зображення визначається за формулою:

$$C(f) = \frac{1}{|\Omega|} \sum_{(x,y) \in \Omega} |f(x,y) - \mu_{A(x,y)}|$$

Тут  $|\Omega| = N \cdot M$  - потужність носія  $\Omega$ , який містить всі пікселі зображення.  $N, M$  - кількість стовпчиків і рядків зображення  $f(x,y)$ ,  $\mu_{A(x,y)}$  - середнє значення інтенсивності точок, сусідніх із точкою  $(x,y)$ .

## §1.6 Медіанна фільтрація

Що таке фільтрація? Фільтрація - це згладження різких перепадів яскравості зображення. Лінійні фільтри добре подавляють шум, що близький до гаусівського. Якщо є шум не є гаусівським, але має імпульсний характер, то такі фільтри вже неефективні. Вдалим розв'язком такої задачі є застосування *медіанного фільтра*.

Медіанний фільтр являє собою евристичний метод обробки інформації. Алгоритм не є математичним розв'язком строго сформульованої задачі.

Імпульсний шум - на білому фоні є невеликі плямки чорного, або навпаки.

### §1.6.i Опис алгоритму медіанного фільтра

Відбувається обробка кожної точки зображення.

Потрібно обрати двовимірне вікно (апертура фільтра).

**Означення 1.4.** Апертура фільтра для заданої точки  $(x,y)$  визначає форму та розмір вікна для відбору точок-сусідів, які будуть задіяні в кроці алгоритму медіанного фільтра.

Найчастіше обирається вікно у вигляді хреста або квадрата:



Рис. 1.7: Можливі варіанти вибору вікна

Розміри апертури - це параметри, які потрібно підбирати для кожного зображення.

#### Алгоритм

1. Фіксуємо точку зображення  $(x,y)$
2. Нехай  $\{y_1, y_2, \dots, y_n\}$  - робоча вибірка, де  $n$  - розмір вікна. Як правило, застосовують вікна з непарним числом точок  $n$ .
3.  $\bar{y}$  - медіана вибірки, є продуктом фільтрації для точки  $(x,y)$ .

Якщо імпульсний шум не є точковим, а покриває деяку область зображення, то він також може бути подавлений. Однак потрібно вибрати апертуру вдвічі ширшу, ніж ширина імпульсного шуму (по вертикалі і горизонталі).

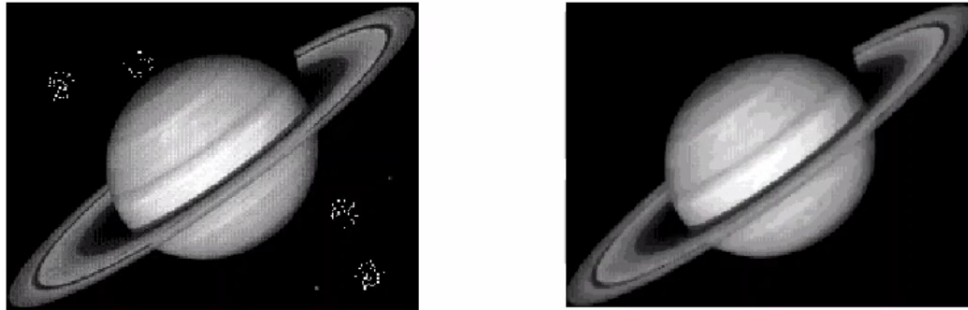


Рис. 1.8: Подавлення імпульсного шуму за допомогою медіанного фільтру

## §1.7 Логарифмічне перетворення зображень

Розглянемо таке перетворення інтенсивності:

$$y = c \log(1 + x)$$

Перетворення розтягує діапазон темних відтінків та стискає діапазон яскравих (білих) відтінків. Після цього перетворення нам знову потрібно буде лінійно спроектувати на діапазон  $[0, 255]$ , щоби підвищити контрастність.

## §1.8 Степеневе перетворення

Функція перетворення інтенсивності кожної точки має вигляд:

$$y = cx^\gamma, c, \gamma > 0$$

Або

$$y = c(x + \varepsilon)^\gamma$$

### Приклад 1.1

При проектуванні зображення на монітор або при виведенні на принтер використовується перетворення  $y = x^{0.4}$  - так звана *гамма-корекція*.

Якщо цього не зробити, на екран монітора виведеться або дуже вибілене, або дуже затемнене зображення.

## §1.9 Обробка зображень нелінійними перетвореннями

Будемо розглядати унітарні перетворення - такі як перетворення Фур'є, Адамара. Такі перетворення дозволяють представити функцію, яка описує зображення, у вигляді сукупності спектральних коефіцієнтів, які відповідають окремим характеристикам зображення.

**Твердження 1.2**

Перша спектральна складова пропорційна середній яскравості зображення. Складові більш високих просторових частот є мірою “порізаності” (швидкій зміні інтенсивності в близьких точках) даного зображення.

Ці властивості можна використати для покращення зображення.

Нехай  $F(u, v)$  - дискретне перетворення Фур'є початкового зображення  $f(i, j)$ .

$$F(u, v) = \sum_{j=0}^{N-1} \sum_{k=0}^{N-1} f(j, k) A(j, k, u, v) \quad (1.4)$$

$$f(j, k) = \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} F(u, v) B(j, k, u, v) \quad (1.5)$$

де  $A(j, k, u, v), B(j, k, u, v)$  - ядра прямого і оберненого перетворень.

**§1.9.i Корінь із спектральних коефіцієнтів**

Кожен із спектральних коефіцієнтів підноситься до степені, причому фаза коефіцієнтів зберігається.

$$\bar{F}(u, v) = \frac{F(u, v)}{|F(u, v)|} |F(u, v)|^\alpha = F(u, v) |F(u, v)|^{\alpha-1}$$

Тут  $F(u, v) = |F(u, v)| e^{i\Phi(u, v)}$

Для спектра Фур'є маємо:

$$F(u, v) = M(u, v) e^{i\Phi(u, v)}$$

де  $M(u, v)$  - амплітуда,  $\Phi(u, v)$  - фаза.

Видозмінений коефіцієнт має вигляд:

$$\bar{F}(u, v) = (M(u, v))^\alpha e^{i\Phi(u, v)}$$

Якщо  $\alpha < 1$ , то великі коефіцієнти зменшуються, а малі - збільшуються. Такий перерозподіл енергії в частотній площині призводить до більш ефективного використання діапазону зображення.

**§1.9.ii Узагальнений кепстр**

Цей метод покращення зображення з нелінійними перетвореннями базується на обчисленні логарифма спектральних коефіцієнтів.

$$\bar{f}(i, j) = M \sum_{j=0}^{N-1} \sum_{k=0}^{N-1} [\ln(a + b|F(u, v)|)] \frac{F(u, v)}{|F(u, v)|}$$

Ми розширимо діапазон невеликих коефіцієнтів Фур'є. Як правило, це високі частоти, які відповідають за швидку зміну зображення.

Таке перетворення застосовується для підкреслення контурів.

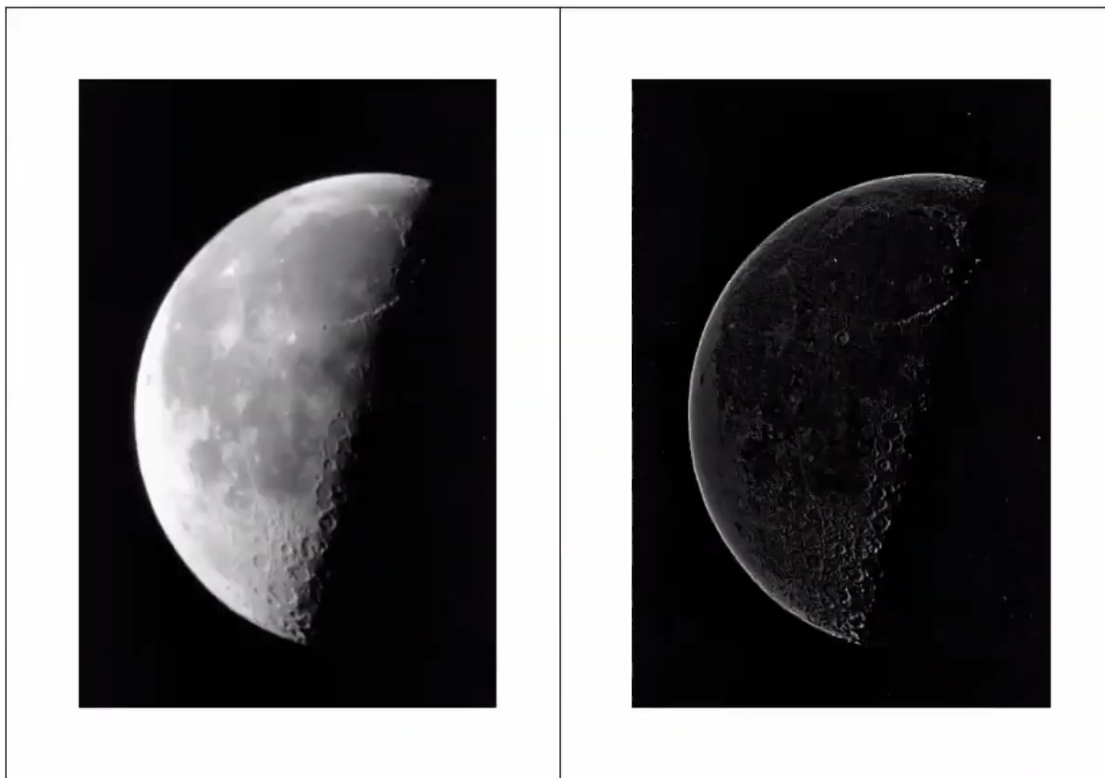


Рис. 1.9: Кепстр зображення

Якщо записати дискретне перетворення Фур'є

$$f(k, s) = \frac{1}{N} \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} F_f(u, v) w^{-uk+sv}, \quad w = e^{-t \frac{2\pi}{N}} \quad (1.6)$$

$$F_f(u, v) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \sum_{s=0}^{N-1} f(k, s) w^{uk+sv} \quad (1.7)$$

Тоді функція кепстра над зображенням має вигляд:

$$\bar{f}(k, s) = \frac{1}{N} \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} \ln(a + b|F_f(u, v)|) e^{i\Phi(u, v)} w^{-uk+sv} \quad (1.8)$$

$$\Phi(u, v) = \frac{\text{Im}F_f(u, v)}{\text{Re}F_f(u, v)} \quad (1.9)$$