

ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN
KHOA CÔNG NGHỆ THÔNG TIN



ỨNG DỤNG XỬ LÝ ẢNH SỐ
VÀ VIDEO SỐ

Practice 01
Morphological Operations

Giảng viên hướng dẫn

Thầy Lý Quốc Ngọc

Thầy Nguyễn Mạnh Hùng

Thầy Phạm Minh Hoàng

Sinh viên thực hiện

Võ Nguyễn Hoàng Kim

21127090

PHỤ LỤC

A. BẢNG TỰ ĐÁNH GIÁ	3
B. THỰC NGHIỆM – SO SÁNH KẾT QUẢ	3
I. Tiền xử lý	3
1. Chuẩn bị ảnh đầu vào	3
2. Chuẩn bị ma trận kết cấu	4
II. Ảnh nhị phân – Binary	4
1. Erosion	4
2. Dilation	4
3. Opening	5
4. Closing	6
5. Boundary extraction	6
III. Ảnh cường độ xám – Grayscale	7
1. Erosion	7
2. Dilation	8
3. Opening	9
5. Morphological gradient	10
6. Top – Hat	11
7. Smoothing	11
C. TÀI LIỆU THAM KHẢO	12

A. BẢNG TỰ ĐÁNH GIÁ

	Morphological Operations	Mức độ hoàn thành
Ảnh nhị phân (Binary)	Erosion	100%
	Dilation	100%
	Opening	100%
	Closing	100%
	Boundary Extraction	100%
Ảnh cường độ xám (Grayscale)	Erosion	100%
	Dilation	100%
	Opening	100%
	Closing	100%
	Morphological Gradient	100%
	Top – Hat	100%
	Smoothing	100%

B. THỰC NGHIỆM – SO SÁNH KẾT QUẢ

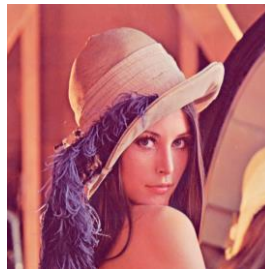
I. Tiền xử lý

1. Chuẩn bị ảnh đầu vào

- Các ảnh đầu vào được lưu trữ trong thư mục “Data”.
- Mã nguồn được lưu trữ trong thư mục “Source”.
- Do đó, trong mã nguồn, khi thực hiện đọc các ảnh đầu vào, ta truyền đường dẫn tương đối, xác định vị trí của tệp tin so với vị trí hiện tại của chương trình. Đường dẫn sẽ có dạng như sau:
 - o “../data/<tên-ảnh.jpg/png>”
- Trong chương trình này, ta sử dụng 3 hình ảnh sau:



(1)
words.png



(2)
lenna.png



(3)
noise.jpg

- o Với (1) được sử dụng dưới dạng ảnh nhị phân, dùng cho các toán tử hình thái học nhị phân:
 - Ảnh được đọc vào dưới dạng ảnh cường độ xám, sau đó được chuyển đổi thành ảnh nhị phân bằng hàm tự động tính toán ngưỡng của OpenCv là **cv.threshold**
- o Với (2) được sử dụng dưới dạng ảnh cường độ xám, dùng cho các toán tử hình thái học với ảnh cường độ xám.
- o Với (3), đây là ảnh cường độ xám được sử dụng cho thuật toán “Smoothing”. Do các hình (1) hoặc (2) không thể hiện rõ các thành phần nhiễu, nên ta sử dụng (3) để thu được kết quả trực quan đối với thuật toán này.

2. Chuẩn bị ma trận kết cấu

- Ma trận kết cấu được sử dụng trong chương trình là một kernel có kích thước 3×3 với các phần tử có giá trị toàn 1. Ma trận này được định nghĩa bởi hàm `cv.getStructuringElement()`, nó có thể được biểu diễn như sau:

1	1	1
1	1	1
1	1	1

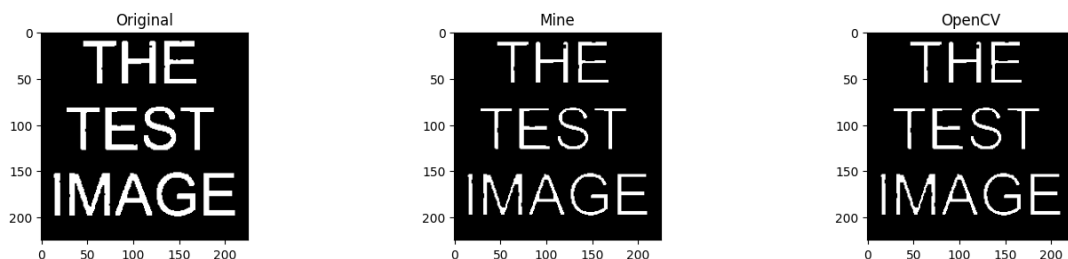
II. Ảnh nhị phân – Binary

1. Erosion

a. Phương pháp

- Erosion là phương pháp được sử dụng để làm “co lại” các hình dạng trong một ảnh nhị phân, nó loại bỏ các chi tiết không liên quan (theo nghĩa kích thước) [1]. Điều này được thực hiện bằng cách trượt ma trận cấu trúc trên ảnh ban đầu:
 - Xét mỗi điểm ảnh trong ảnh đầu vào, đặt tâm của ma trận cấu trúc trên điểm đó, nếu tất cả điểm ảnh bên dưới ma trận cấu trúc đều là 1 (màu trắng), thì điểm ảnh đầu ra tương ứng của ma trận kết quả sẽ là 1.
 - Ngược lại, nếu bên dưới ma trận kết cấu tồn tại điểm ảnh có giá trị 0, thì điểm ảnh đầu ra tương ứng của ma trận kết quả là 0.
- Áp dụng lý thuyết trên, ta thực hiện thuật toán theo các bước sau:
 - Khởi tạo ma trận ảnh kết quả có cùng kích thước với ảnh đầu vào với các phần tử giá trị 0.
 - Thêm bộ đệm (padding) cho ảnh đầu vào, điều này giúp cho ta có thể xét cả các giá trị nằm ở biên
 - Thực hiện xét từng phần tử của ma trận đầu vào tại vị trí $[i, j]$ (đại diện cho dòng và cột tương ứng), tính toán giới hạn của các giá trị lân cận và đặt nó là các biến vị trí $i_$, $j_$.
 - Xét các phần tử nằm trong khoảng $[i_ : i_ + 1, j_ : j_ + 1]$, nếu các phần tử đó đều có giá trị là 1, thì phần tử tương ứng ở ma trận ảnh kết quả sẽ có giá trị là 1.
 - Giải thích: Do ta đã thêm padding cho ma trận đầu vào, nên việc thực hiện xét lân cận như trên vẫn đảm bảo đúng với vị trí phần tử đầu ra nằm khớp với vị trí tâm của ma trận kết cấu.

b. Kết quả



- Có thể thấy, so với ảnh gốc, ảnh thu được từ thực nghiệm đã làm giảm độ dày của các chữ trong ảnh, điều này được thực hiện mà không làm thay đổi kích thước cũng như cấu trúc của ảnh ban đầu.
- So với ảnh thu được từ thư viện, kết quả thực nghiệm cho ra độ dày của các chữ trong hình gần như bằng nhau. Điều này chứng tỏ việc thực nghiệm đã hoàn thành tốt trong việc cài đặt thuật toán Erosion.

2. Dilation

a. Phương pháp

- Dilation là phương pháp được sử dụng để làm “giãn nở” các hình dạng trong một ảnh nhị phân, nó cũng có thể được sử dụng để lấp đầy những khoảng trống, lỗ hổng [1]. Điều này được thực hiện bằng cách trượt ma trận cấu trúc trên ảnh ban đầu:
 - o Xét mỗi điểm ảnh trong ảnh đầu vào, đặt tâm của ma trận cấu trúc trên điểm đó, nếu phần tử của ma trận cấu trúc chồng lên phần tử nào trong lân cận của điểm ảnh đang xét, thì giá trị điểm ảnh đầu ra tương ứng của ma trận kết quả sẽ là 1.
- Áp dụng lý thuyết trên, ta thực hiện thuật toán theo các bước sau:
 - o Khởi tạo ma trận ảnh kết quả có cùng kích thước với ảnh đầu vào với các phần tử giá trị 0.
 - o Thêm bộ đệm (padding) cho ảnh đầu vào, điều này giúp cho ta có thể xét cả các giá trị nằm ở biên
 - o Thực hiện xét từng phần tử của ma trận đầu vào tại vị trí $[i,j]$, tính toán giới hạn của các giá trị lân cận và đặt nó là các biến vị trí $i_$, $j_$.
 - Xét phần tử đang xét có giá trị là 1, thì các phần tử các phần tử nằm trong khoảng $[i_ : i_ + j_ - 1]$ tương ứng ở ma trận ảnh kết quả sẽ có giá trị là 1.
 - Giải thích: Do ta đã thêm padding cho ma trận đầu vào, nên việc thực hiện xét lân cận như trên vẫn đảm bảo đúng với vị trí phần tử đầu ra nằm khớp với vị trí tâm của ma trận kết cấu.

b. Kết quả



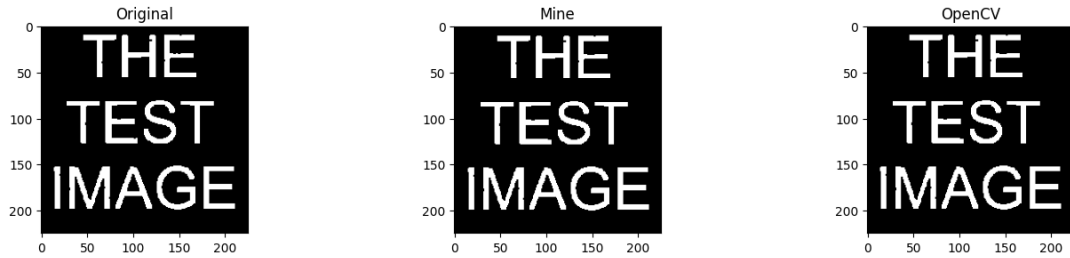
- Có thể thấy, so với ảnh gốc, ảnh thu được từ thực nghiệm đã làm tăng độ dày của các chữ trong ảnh, điều này được thực hiện mà không làm thay đổi kích thước cũng như cấu trúc của ảnh ban đầu.
- So với ảnh thu được từ thư viện, kết quả thực nghiệm cho ra độ dày của các chữ trong hình gần như bằng nhau. Điều này chứng tỏ việc thực nghiệm đã hoàn thành tốt trong việc cài đặt thuật toán Dilation.

3. Opening

a. Phương pháp

- Opening là phép toán được sử dụng để loại bỏ các chi tiết cụ thể hơn phần tử cấu trúc nhưng vẫn giữ cho hình dạng chung của đối tượng ảnh không bị bóp méo [1]. Phép toán này được thực hiện dựa trên sự kết hợp của Dilation và Erosion, cụ thể:
 - o Thực hiện phép toán Erosion giữa ảnh và ma trận kết cấu, sau đó, đem kết quả thu được thực hiện phép toán Dilation với ma trận kết cấu.
 - o Sau bước trên, kết quả ảnh trả ra chính là kết quả của phép toán Opening.
- Áp dụng lý thuyết trên, ta thực hiện thuật toán theo các bước sau:
 - o Thực hiện phép toán Erosion với ảnh đầu vào và ma trận kết cấu, kết quả thu được lưu vào biến ma trận ảnh *erosion*.
 - o Thực hiện tiếp phép toán Dilation với ma trận ảnh kết quả trên *erosion* và ma trận kết cấu, kết quả thu được cũng chính là ma trận ảnh kết quả của phép toán Opening.

b. Kết quả



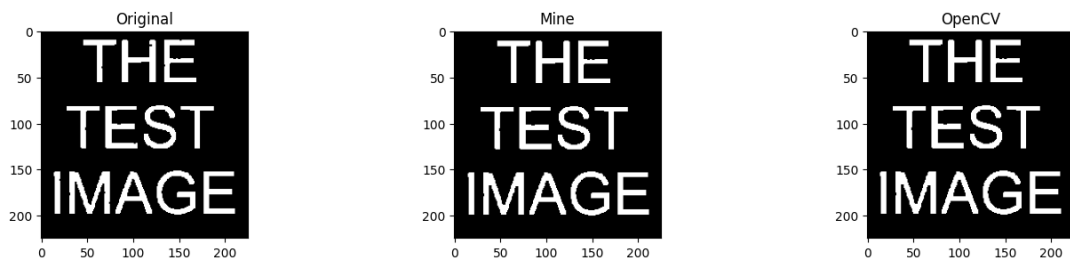
- Có thể thấy, so với ảnh gốc, ảnh thu được từ thực nghiệm đã loại bỏ được các điểm nhiễu và các đối tượng nhỏ khỏi ảnh.
- Quan sát bằng mắt, tại các điểm loan chấm đen trên con chữ, có thể thấy kết quả thực nghiệm và kết quả thu được từ thư viện OpenCV gần giống nhau, điều này chứng tỏ việc thực nghiệm đã hoàn thành tốt trong việc cài đặt thuật toán Opening.

4. Closing

a. Phương pháp

- Closing là phép toán được sử dụng để lấp đầy các lỗ nhỏ cũng như làm mịn các đường viền của đối tượng trong ảnh bằng cách lấp đầy các vùng vịnh hẹp [1]. Phép toán này được thực hiện dựa trên sự kết hợp của Dilation và Erosion, cụ thể:
 - o Thực hiện phép toán Dilation giữa ảnh và ma trận kết cấu, sau đó, đem kết quả thu được thực hiện phép toán Erosion với ma trận kết cấu.
 - o Sau bước trên, kết quả ảnh trả ra chính là kết quả của phép toán Closing.
- Áp dụng lý thuyết trên, ta thực hiện thuật toán theo các bước sau:
 - o Thực hiện phép toán Dilation với ảnh đầu vào và ma trận kết cấu, kết quả thu được lưu vào biến ma trận ảnh *dilation*.
 - o Thực hiện tiếp phép toán Erosion với ma trận ảnh kết quả trên *dilation* và ma trận kết cấu, kết quả thu được cũng chính là ma trận ảnh kết quả của phép toán Closing.

b. Kết quả



- Có thể thấy, so với ảnh gốc, ảnh thu được từ thực nghiệm đã làm giảm bớt các chấm đen loan lỗ trên cách cạnh của chữ, làm cho các con chữ trong ảnh được “sạch” hơn.
- Quan sát bằng mắt, tại các điểm loan chấm đen trên con chữ, có thể thấy kết quả thực nghiệm và kết quả thu được từ thư viện OpenCV gần giống nhau, các con chữ trong ảnh đều được giảm bớt những điểm đen lem vào. Điều này chứng tỏ việc thực nghiệm đã hoàn thành tốt trong việc cài đặt thuật toán Closing.

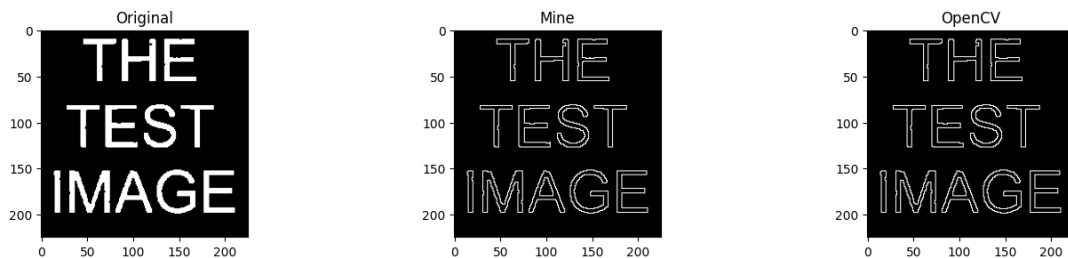
5. Boundary extraction

a. Phương pháp

- Boundary extraction là phép toán được sử dụng để làm nổi bật (trích xuất) ranh giới của các đối tượng có trong ảnh. Nó dựa trên sự chênh lệch giữa ảnh gốc và ảnh sau khi được thực hiện Erosion, cụ thể:

- Thực hiện phép toán Erosion giữa ảnh gốc và ma trận kết cấu.
- Tính toán sự chênh lệch giữa ảnh gốc và ảnh đã qua phép toán Erosion bằng phép trừ, kết quả thu được sẽ là kết quả cuối cùng cho phép toán Boundary Extraction
- Áp dụng lý thuyết trên, ta thực hiện thuật toán theo các bước sau:
 - Thực hiện phép toán Erosion với ma trận ảnh đầu vào và ma trận kết cấu, kết quả thu được lưu vào biến ma trận ảnh *erosion*.
 - Thực hiện tính toán độ chênh lệch giữa ma trận ảnh đầu vào gốc với ma trận ảnh *erosion* bằng cách lấy các giá trị của phần tử trong ma trận ảnh đầu vào trừ đi các giá trị tương ứng trong ma trận ảnh *erosion*. Kết quả thu được cũng chính là ma trận kết quả cuối cùng cho phép toán Boundary extraction

b. Kết quả



- Có thể thấy, ảnh thu được từ thực nghiệm đã làm tốt trong việc trích xuất, làm nổi bật các ranh giới của các con chữ trong ảnh. Các đường nét được bóc tách, làm nổi bật rõ ràng dù vẫn còn lấm lem do các nhiễu đen ban đầu có trong hình gốc.
- Ảnh thu được từ thực nghiệm và kết quả của thư viện gần như giống nhau (kể cả các điểm lấm lem, không đều trên các con chữ). Điều này chứng tỏ việc thực nghiệm đã hoàn thành tốt trong việc cài đặt thuật toán Boundary Extraction.

III. Ảnh cường độ xám – Grayscale

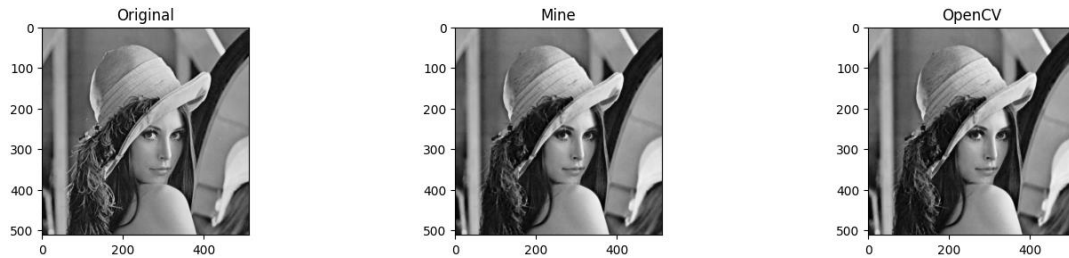
1. Erosion

a. Phương pháp

- Trong ảnh xám, Erosion được dùng để làm “bào mòn” các vùng, phần tử mà tại đó có cường độ cao (các vùng điểm ảnh sáng) nhưng vẫn bảo toàn cấu trúc và hình dạng tổng thể của ảnh. Ma trận cấu trúc vẫn được sử dụng và trượt trên ảnh trong phép toán này, cụ thể:
 - Vai trò của ma trận cấu trúc trong phương pháp này như một cửa sổ để xác định các điểm ảnh lân cận của điểm ảnh đang xét (khu vực lân cận này tạm gọi là cửa sổ). Đồng thời, nó được sử dụng để xem xét các giá trị cường độ trong giới hạn của cửa sổ đó.
 - Giá trị điểm ảnh đầu ra tương ứng trong ma trận kết quả sẽ là giá trị nhỏ nhất (min) trong khu vực cửa sổ được xác định ở trên.
- Áp dụng lý thuyết trên, ta thực hiện thuật toán theo các bước sau:
 - Khởi tạo ma trận ảnh kết quả có cùng kích thước với ảnh đầu vào với các phần tử giá trị 0.
 - Thêm bộ đệm (padding) cho ảnh đầu vào, điều này giúp cho ta có thể xét cả các giá trị nằm ở biên
 - Thực hiện xét từng phần tử của ma trận đầu vào tại vị trí $[i, j]$ (đại diện cho dòng và cột tương ứng), tính toán giới hạn của các giá trị lân cận và đặt nó là các biến vị trí i_j .
 - Xét các phần tử nằm trong khoảng $[i_j, j_j]$ (các phần tử lân cận được giới hạn bởi cửa sổ của ma trận kết cấu), tìm giá trị nhỏ nhất (*min*) trong khu vực đó.
 - Giá trị *min* tìm được sẽ được gán cho phần tử tương ứng của ma trận ảnh đầu ra.

- Giải thích: Do ta đã thêm padding cho ma trận đầu vào, nên việc thực hiện xét lân cận như trên vẫn đảm bảo đúng với vị trí phần tử đầu ra nằm khớp với vị trí tâm của ma trận kết cấu.

b. Kết quả



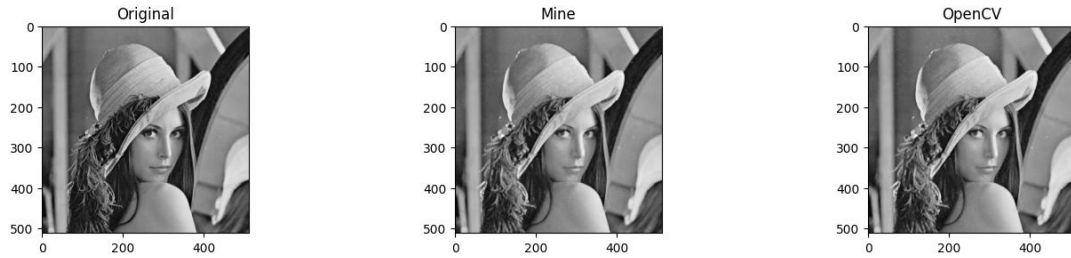
- Có thể thấy, ảnh thu được từ thực nghiệm tối (sẫm) hơn so với ảnh gốc nhưng không phải tuyến tính mà theo hướng phi tuyến. Quan sát thấy rằng, số lượng các điểm có cường độ tối được tăng lên, đặc biệt trong khu vực mà các điểm có cường độ sáng và tối nằm cạnh nhau (minh chứng cho việc xét giá trị nhỏ nhất trong lân cận của thuật toán).
- So với ảnh thư viện OpenCV, ảnh thực nghiệm gần như cho kết quả tương tự, điều này minh chứng cho việc cài đặt thuật toán Erosion đã được thực hiện tốt.

2. Dilation

a. Phương pháp

- Trong ảnh xám, Dilation được dùng để làm mở rộng các vùng có cường độ cao (các vùng điểm ảnh sáng) nhưng vẫn bảo toàn cấu trúc và hình dạng tổng thể của ảnh. Ma trận cấu trúc vẫn được sử dụng và trượt trên ảnh trong phép toán này, cụ thể:
 - Vai trò của ma trận cấu trúc trong phương pháp này như một cửa sổ để xác định các điểm ảnh lân cận của điểm ảnh đang xét (khu vực lân cận này tạm gọi là cửa sổ). Đồng thời, nó được sử dụng để xem xét các giá trị cường độ trong giới hạn của cửa sổ đó.
 - Giá trị điểm ảnh đầu ra tương ứng trong ma trận kết quả sẽ là giá trị lớn nhất (max) trong khu vực cửa sổ được xác định ở trên.
- Áp dụng lý thuyết trên, ta thực hiện thuật toán theo các bước sau:
 - Khởi tạo ma trận ảnh kết quả có cùng kích thước với ảnh đầu vào với các phần tử giá trị 0.
 - Thêm bộ đệm (padding) cho ảnh đầu vào, điều này giúp cho ta có thể xét cả các giá trị nằm ở biên
 - Thực hiện xét từng phần tử của ma trận đầu vào tại vị trí $[i,j]$ (đại diện cho dòng và cột tương ứng), tính toán giới hạn của các giá trị lân cận và đặt nó là các biến vị trí i_j .
 - Xét các phần tử nằm trong khoảng $[i_i, j_j]$ (các phần tử lân cận được giới hạn bởi cửa sổ của ma trận kết cấu), tìm giá trị lớn nhất (max) trong khu vực đó.
 - Giá trị max tìm được sẽ được gán cho phần tử tương ứng của ma trận ảnh đầu ra.
 - Giải thích: Do ta đã thêm padding cho ma trận đầu vào, nên việc thực hiện xét lân cận như trên vẫn đảm bảo đúng với vị trí phần tử đầu ra nằm khớp với vị trí tâm của ma trận kết cấu.

b. Kết quả



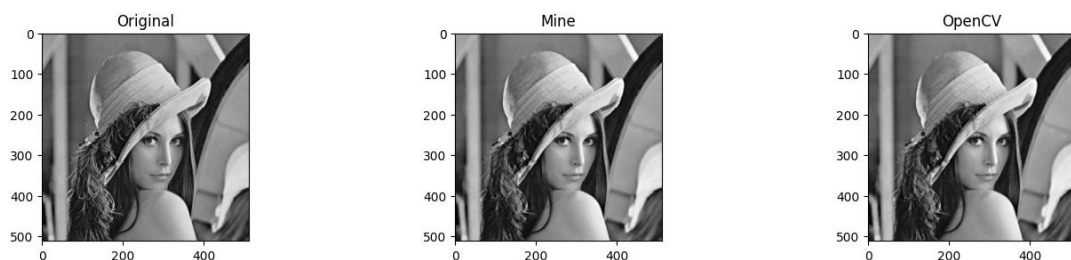
- Có thể thấy, ảnh thu được từ thực nghiệm sáng hơn so với ảnh gốc nhưng không phải tuyến tính mà theo hướng phi tuyến. Quan sát thấy rằng, số lượng các điểm có cường độ sáng được tăng lên, đặc biệt trong khu vực mà các điểm có cường độ sáng và tối nằm cạnh nhau (minh chứng cho việc xét giá trị lớn nhất trong lân cận của thuật toán).
- So với ảnh thư viện OpenCV, ảnh thực nghiệm gần như cho kết quả tương tự, điều này minh chứng cho việc cài đặt thuật toán Dilation đã được thực hiện tốt.

3. Opening

a. Phương pháp

- Trong ảnh xám, Opening được sử dụng để loại bỏ các nhiễu nhỏ và làm mờ các chi tiết không mong muốn trong ảnh, đồng thời làm nổi bật các đặc trưng lớn. Phép toán này được thực hiện dựa trên sự kết hợp của Dilation và Erosion, cụ thể:
 - o Thực hiện phép toán Erosion giữa ảnh và ma trận kết cấu, sau đó, đem kết quả thu được từ bước trên thực hiện phép toán Dilation.
 - o Sau bước trên, kết quả ảnh trả ra chính là kết quả của phép toán Opening.
- Áp dụng lý thuyết trên, ta thực hiện thuật toán theo các bước sau:
 - o Thực hiện phép toán Erosion với ảnh đầu vào và ma trận kết cấu, kết quả thu được lưu vào biến ma trận ảnh *erosion*.
 - o Thực hiện tiếp phép toán Dilation với ma trận ảnh kết quả trên *erosion* và ma trận kết cấu, kết quả thu được cũng chính là ma trận ảnh kết quả của phép toán Opening.

b. Kết quả



- Có thể thấy, ảnh thu được từ thực nghiệm có màu sắc tốt hơn so với ảnh gốc, với các đặc trưng trong ảnh được thể hiện nổi bật và rõ ràng.
- So với ảnh thư viện OpenCV, ảnh thực nghiệm gần như cho kết quả tương tự, điều này minh chứng cho việc cài đặt thuật toán Opening đã được thực hiện tốt.

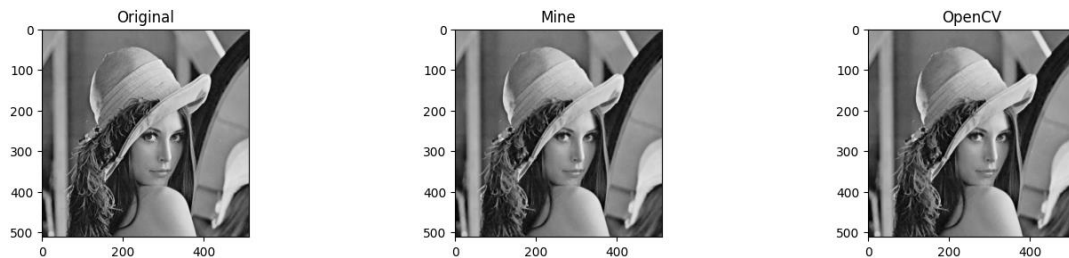
4. Closing

a. Phương pháp

- Trong ảnh xám, Closing được sử dụng để lấp các khoảng trống cũng như nối các vùng cách biệt với nhau có trong ảnh. Phép toán này được thực hiện dựa trên sự kết hợp của Dilation và Erosion, cụ thể:

- Thực hiện phép toán Dilation giữa ảnh và ma trận kết cấu, sau đó, đem kết quả thu được từ bước trên thực hiện phép toán Erosion.
- Sau bước trên, kết quả ảnh trả ra chính là kết quả của phép toán Closing.
- Áp dụng lý thuyết trên, ta thực hiện thuật toán theo các bước sau:
 - Thực hiện phép toán Dilation với ảnh đầu vào và ma trận kết cấu, kết quả thu được lưu vào biến ma trận ảnh *dilation*.
 - Thực hiện tiếp phép toán Erosion với ma trận ảnh kết quả trên *dilation* và ma trận kết cấu, kết quả thu được cũng chính là ma trận ảnh kết quả của phép toán Closing.

b. Kết quả



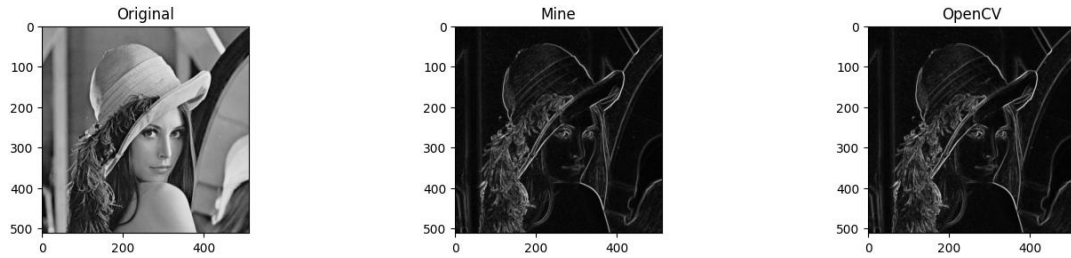
- Có thể thấy, ảnh thu được từ thực nghiệm có độ sáng tương đối ôn hòa hơn so với ảnh gốc, điều này lý giải cho sự kết hợp của Dilation và Erosion, giúp cho ranh giới giữa các vùng sáng tối được giảm thiểu.
- So với ảnh thư viện OpenCV, ảnh thực nghiệm gần như cho kết quả tương tự, điều này minh chứng cho việc cài đặt thuật toán Closing đã được thực hiện tốt.

5. Morphological gradient

a. Phương pháp

- Trong ảnh xám, Morphological gradient là phép toán được sử dụng để tạo ra ảnh chỉ bao gồm biên của các vùng đối tượng có trong ảnh gốc, nó giúp làm nổi bật các biên và đặc trưng của các vùng có cường độ sáng hoặc tối trong ảnh. Điều này được thực hiện dựa trên việc tính toán độ chênh lệch của Dilation và Erosion của ảnh, cụ thể:
 - Thực hiện tính Dilation với ảnh đầu vào và ma trận kết cấu.
 - Thực hiện tính Erosion với ảnh đầu vào và ma trận kết cấu.
 - Với các kết quả thu được từ hai bước trên, ta thực hiện tính độ chênh lệch giữa chúng. Kết quả của phép tính này cũng chính là kết quả cuối cùng của phép toán Morphological gradient.
- Áp dụng lý thuyết trên, ta thực hiện thuật toán theo các bước sau:
 - Thực hiện phép toán Dilation với ma trận ảnh đầu vào và ma trận kết cấu, kết quả thu được lưu vào biến ma trận ảnh *dilation*.
 - Thực hiện phép toán Erosion với ma trận ảnh đầu vào và ma trận kết cấu, kết quả thu được lưu vào biến ma trận ảnh *erosion*.
 - Thực hiện tính toán sự chênh lệch giữa hai ma trận trên bằng cách lấy các giá trị của phần tử trong *dilation* trừ cho các phần tử tương ứng của *erosion*. Kết quả thu được cũng chính là kết quả cuối cùng cho phép toán Morphological gradient.

b. Kết quả



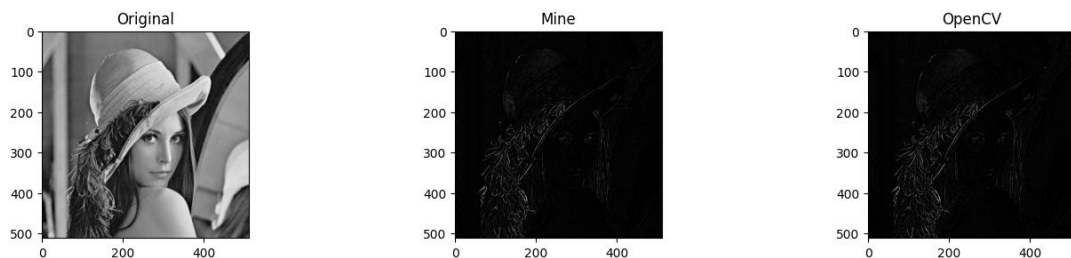
- Dựa theo kết quả thực nghiệm, có thể thấy, Morphological Gradient rất tốt trong việc phát hiện và làm nổi bật các đường biên của đối tượng trong ảnh. Các đường biên được tìm thấy và làm nổi bật bởi các nét rất mảnh, gần như không có các điểm nhiễu bị lẫn vào.
- So với ảnh thu được từ thư viện, ảnh thực nghiệm gần như cho ra cũng một kết quả, khó có thể phân biệt bằng mắt thường để tìm kiếm sự khác biệt trong hai bức ảnh. Do đó, có thể chứng minh rằng thuật toán Morphological Gradient đã được cài đặt tốt.

6. Top – Hat

a. Phương pháp

- Với ảnh xám, Top – Hat là phép toán được sử dụng để làm nổi bật các đặc trưng nhỏ hoặc các chi tiết khó quan sát được trong ảnh gốc. Điều này được thực hiện dựa trên việc tính toán sự khác biệt giữa ảnh ban đầu với ảnh sau khi được biến đổi bằng phép toán Opening, cụ thể:
 - o Thực hiện phép tính Opening với ảnh đầu vào và ma trận kết cấu.
 - o Thực hiện tính toán độ khác biệt giữa ảnh đầu vào (gốc) và ảnh thu được từ phép tính trên, kết quả cuối cùng cũng chính là kết quả của phép toán Top – Hat.
- Áp dụng lý thuyết trên, ta thực hiện thuật toán theo các bước sau:
 - o Thực hiện phép toán Opening với ma trận ảnh đầu vào và ma trận kết cấu, kết quả thu được lưu vào biến ma trận ảnh *opening*.
 - o Thực hiện tính toán sự chênh lệch giữa hai ma trận trên bằng cách lấy các giá trị của phần tử trong ảnh gốc trừ cho các phần tử tương ứng của *opening*. Kết quả thu được cũng chính là kết quả cuối cùng cho phép toán Top – Hat.

b. Kết quả



- Dựa theo kết quả thực nghiệm, có thể thấy thuật toán đã làm tốt trong việc thể hiện các chi tiết, đặc trưng nhỏ của ảnh đầu gốc.
- Do kết quả thu được có chút khó khăn khi quan sát, tuy nhiên có thể thấy rằng kết quả giữa ảnh thực nghiệm và ảnh có được từ hàm thư viện OpenCV gần tương tự nhau. Điều này có thể chứng minh cho tính đúng đắn trong việc cài đặt thuật toán.

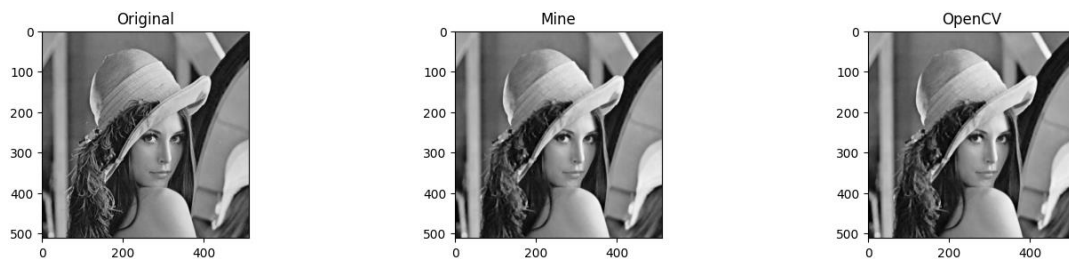
7. Smoothing

a. Phương pháp

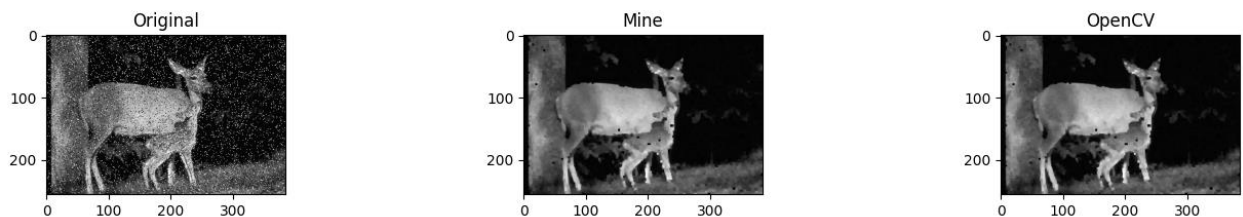
- Với ảnh xám, Smoothing là phép toán được sử dụng để làm mịn, trơn ảnh (tương tự như các phép toán làm mịn khác như Gauss, Median hay Average). Tuy nhiên, ở đây, ta kết hợp các phép toán như Opening và Closing để thực hiện làm trơn ảnh, cụ thể:
 - o Thực hiện phép toán Opening với ảnh đầu vào và ma trận kết cấu, kết quả thu được sau đó được đem đi thực hiện Closing tiếp tục với ma trận kết cấu.
 - o Kết quả cuối cùng cũng chính là kết quả của phép toán Smoothing.
- Áp dụng lý thuyết trên, ta thực hiện thuật toán theo các bước sau:
 - o Thực hiện phép toán Opening với ma trận ảnh đầu vào và ma trận kết cấu, kết quả thu được lưu vào biến ma trận ảnh *opening*.
 - o Thực hiện phép toán Closing với kết quả trên là ma trận ảnh *opening* và ma trận kết cấu, kết quả thu được cũng chính là kết quả cuối cùng cho phép toán Smoothing.

b. Kết quả

- Ảnh bình thường:



- o Có thể thấy, đối với ảnh bình thường (không bị nhiễu nhiều), thuật toán Smoothing sẽ đóng vai trò làm trơn ảnh, giúp ảnh sau khi xử lý được mịn hơn
- o Đồng thời các sắc tố trên ảnh cũng được thể hiện rõ hơn
- o So sánh ảnh thu được từ thực nghiệm và ảnh thu được từ thư viện OpenCV, cả hai gần như tương đồng nhau về màu sắc (độ đậm, nhạt ở một số vùng) cũng như độ mịn.
- Ảnh có nhiễu



- o Vai trò của thuật toán Smoothing này có thể thấy rõ đối với ảnh có nhiễu, đặc biệt là loại nhiễu “muối tiêu”.
- o Từ thực nghiệm có thể thấy, ảnh sau khi xử lý tốt hơn rất nhiều so với ảnh gốc, các đốm nhiễu được loại bỏ gần như hoàn toàn khiến cho nội dung bức ảnh được thể hiện rõ.
- o Dù loại bỏ được đáng kể các hạt nhiễu, tuy nhiên các đường nét trong ảnh không còn rõ như ban đầu (có thể do tính chất làm mịn của Smoothing), nhưng điều này không làm ảnh hưởng đến nội dung của ảnh quá nhiều.
- o Có thể thấy giữa ảnh thu được từ thực nghiệm và hàm thư viện gần như không có sự khác biệt. Điều này có thể chứng minh cho tính đúng đắn trong việc cài đặt thuật toán.

C. TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] A. P. L. Q. Ngọc, "Morphology Operators & Applications".