

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

TRƯỜNG ĐẠI HỌC DÂN LẬP HẢI PHÒNG

-----000-----

TÌM HIỂU BÀI TOÁN LÀM TRòn ẢNH

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC HỆ CHÍNH QUY

Ngành: Công nghệ Thông tin

Giáo viên hướng dẫn: PGS.TS Đỗ Năng Toàn

Sinh viên thực hiện: Phạm Việt Thắng

Mã số sinh viên: 110877

MỤC LỤC

MỤC LỤC HÌNH VẼ	4
DANH MỤC CHỮ VIẾT TẮT	5
PHẦN MỞ ĐẦU	6

Chương 1: KHÁI QUÁT VỀ XỬ LÝ ẢNH VÀ LÀM TRƠN ẢNH

1.1. Khái quát về xử lý ảnh	7
1.1.1. Xử lý ảnh	7
1.1.2.1. Thu nhận ảnh (Image acquisition)	8
1.1.2.2. Tiền xử lý (Image processing).....	9
1.1.2.3. Phân đoạn (Segmentation) hay phân vùng ảnh	9
1.1.2.4. Biểu diễn và mô tả (Image representation)	10
1.1.2.5. Nhận dạng và nội suy ảnh (Image Recognition and Interpretation)	10
1.1.2.6. Cơ sở trí thức (Knowledge Base).....	11
1.1.2.7. Trích chọn đặc trưng (Feature extraction).....	11
1.1.3. Một số vấn đề cơ bản trong xử lý ảnh	11
1.1.3.1. Điểm ảnh (Picture element).....	11
1.1.3.2. Độ phân giải ảnh.....	12
1.1.3.3. Mức xám của ảnh	12
1.1.3.4. Quan hệ giữa các điểm ảnh	13
1.2. Làm trơn ảnh	15
1.2.1. Bài toán làm trơn ảnh.....	15
1.2.2. Các kỹ thuật chính được dùng làm trơn ảnh.....	16
1.2.2.1. Làm trơn nhiễu bằng lọc tuyến tính	16
1.2.2.2. Làm trơn nhiễu bằng lọc phi tuyến	16
1.2.3. Ứng dụng của làm trơn ảnh	17

Chương 2 : KỸ THUẬT LÀM TRƠN ẢNH

2.1. Làm trơn nhiễu bằng lọc tuyến tính (Linear Filter)	22
2.1.1. Lọc trung bình không gian (Mean Filter, Average Filer)	22
2.1.2. Lọc thông thấp (Low pass Filter).....	26

2.1.3. Lọc đồng hình (Homomorphie Filter)	27
2.1.4. Gaussian Blur.....	28
2.2. Làm trơn bằng lọc phi tuyến	31
2.2.1. Lọc trung vị (Median Filter)	31
2.2.2. Lọc ngoài (Outlier Filter).....	32
2.2.3. Loại bỏ đốm nhiễu Crimmins (Crimmins Speckle Removal)	33
2.2.4. Bộ lọc giữ biên (Kuwahara Filter).....	35

Chương 3 : CHƯƠNG TRÌNH THỬ NGHIỆM

3.1. Bài toán	37
3.2. Phân tích và thiết kế	37
3.3. Chương trình làm trơn ảnh v.01	38
PHẦN KẾT LUẬN.....	43
TÀI LIỆU THAM KHẢO	44

MỤC LỤC HÌNH VẼ

Hình 1.1: Quá trình xử lý ảnh.....	7
Hình 1.2 : Các bước cơ bản trong quá trình xử lý ảnh	8
Hình 1.3: Lân cận các điểm ảnh của tọa độ (x, y).....	13
Hình 1.4 :Ví dụ về ứng dụng làm trơn ảnh tích hợp trong camera	17
Hình 1.5: Mô hình hệ thống giám sát giao thông dựa trên công nghệ xử lý ảnh	18
Hình 1.6: Sơ đồ dòng mô tả các tiến trình xử lý của hệ thống	18
Hình 1.7: Giao diện chương trình và kết quả của bài toán tự động giám sát giao thông	19
Hình 1.8: Ảnh siêu âm trong y học.....	20
Hình 1.9: Ảnh thu được từ radar (ảnh chỉ mang tính minh họa).....	20
Hình 1.10: Ảnh chụp từ vệ tinh (ảnh chỉ mang tính minh họa)	21
Hình 2.1 : Cửa sổ lọc(mặt nạ) có kích thước 5 trong 1D	22
Hình 2.2: Cửa sổ lọc(mặt nạ) có kích thước 3×3 trong 2D	22
Hình 2.3 : Cửa sổ lọc hay mặt nạ kích thước 3×3×3 trong 3D	23
Hình 2.4 : Tính giá trị trung bình	23
Hình 2.5: Cách thức nhân chập điểm ảnh với cửa sổ	24
Hình 2.6 : Trường hợp đặc biệt trong 1D.....	25
Hình 2.7: Trường hợp đặc biệt trong 2D	25
Hình 2.8: Ví dụ lọc trung bình.....	26
Hình 2.9 : Gaussian distribution with <i>mean</i> 0 and $\sigma = 1$	28
Hình 2.10 : Gaussian distribution with mean (0,0) and $\sigma=1$	29
Hình 2.11: Discrete approximation to Gaussian function with $\sigma =1.0$	29
Hình 2.12 : Cách thức hoạt động của lọc trung vị.....	31
Hình 2.13 : Ảnh minh họa Crimmins Speckle Removal	33
Hình 2.14 : Crimmins Speckle removal algorithm.....	34
Hình 3.1: Giao diện chính của chương trình	38
Hình 3.2: Giao diện modul chọn ảnh đầu vào	39
Hình 3.3: Kết quả của lọc trung vị với cửa sổ 3×3 (ảnh nhiễu muối tiêu).....	39
Hình 3.4: Ảnh kết quả của lọc trung bình với cửa sổ 3×3 (ảnh nhiễu muối tiêu).....	40
Hình 3.5: Ảnh kết quả của lọc trung vị với cửa sổ 3×3.....	40
Hình 3.6: Ảnh kết quả của lọc trung bình với cửa sổ 3×3 (ảnh nhiễu cộng)	41
Hình 3.7: Ảnh kết quả của lọc trung vị với cửa sổ 5×5.....	41
Hình 3.8: Ảnh kết quả của lọc trung bình với cửa sổ 5×5.....	42
Hình 3.9: Giao diện modul lưu ảnh (ảnh sau khi xử lý).....	42

DANH MỤC CHỮ VIẾT TẮT

AD	Analog to Digital
Ppi	Pixel per inch
Dpi	Dot per inch
BMP	Bit map
GIF	Graphics Interchanger Format do hang ComputerServer Incorporated (Mỹ) đề xuất 1990.
JPEG	Joint Photograp Expert Group : tên của nhóm nghiên cứu các chuẩn nén cho ảnh, thành lập 1982. Tên cũ là IOS. JPEG chính thức thành lập năm 1986.
PEL	Picture Elenment
JPG	Joint Photographic Experts
1D	Một chiều (1 Dimention)
2D	Hai chiều (2 Dimentions)
3D	Ba chiều (3 Dimentions)
CNN	Mạng nơ ron tế bào (Cellular Neural Network)
S – N	South – North (Nam – Bắc)
E – W	East – West (Đông – Tây)
NW – SE	North West – South East (Tây Bắc – Đông Nam)
NE – SW	North East – South West (Đông Bắc – Tây Nam)
RGB	Hệ màu RGB (Red, Green, Blue)

PHẦN MỞ ĐẦU

Thời đại hiện nay là thời đại công nghệ thông tin phát triển bùng nổ đi vào từng ngõ ngách của cuộc sống, bất cứ sự phát triển của ngành công nghiệp nào đều có sự hiện diện và đóng góp to lớn của công nghệ thông tin. Xử lý ảnh là một trong những chuyên ngành quan trọng và lâu đời của công nghệ thông tin. Xử lý ảnh được áp dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau như y học, vật lý, hóa học, quân sự, trong giải trí và nhiều lĩnh vực khác...

Phần lớn con người thu nhận thông tin bằng thị giác, cụ thể đó là các hình ảnh. Vì vậy xử lý ảnh là vấn đề không thể thiếu và hết sức quan trọng để thu được hình ảnh tốt hơn, đẹp hơn nhằm đáp ứng yêu cầu thông tin khác nhau của người nhận.

Trong xử lý ảnh, để có được những bức ảnh như vậy cần phải trải qua rất nhiều công đoạn, làm trơn ảnh là giai đoạn tiền xử lý rất quan trọng vì nếu không trải qua giai đoạn này ảnh sẽ không đạt được hiệu quả tối ưu như mong muốn. Mục đích của việc làm trơn ảnh là lọc nhiễu và giảm bớt những phần tử (không mong muốn) ảnh hưởng đến thông tin hữu ích và chất lượng của ảnh. Đây là vấn đề được quan tâm, và hứa hẹn được áp dụng rộng rãi trong thực tiễn của cuộc sống, đặc biệt là trong giai đoạn đất nước ta đang từng bước phát triển và đi lên nên việc nghiên cứu vấn đề này là rất cần thiết.

Xuất phát từ thực tế đó, em lựa chọn đề tài “*Tìm hiểu bài toán làm trơn ảnh*” với mục đích chính là tìm hiểu một số kỹ thuật làm trơn ảnh, đồng thời cài đặt một chương trình thử nghiệm.

Về lý thuyết :

- Tìm hiểu khái quát về xử lý ảnh và một số kỹ thuật làm trơn ảnh.
- Tìm hiểu một số kỹ thuật làm trơn ảnh trong xử lý ảnh.

Về thực tiễn :

- Cài đặt thử nghiệm một trong những chương trình tìm hiểu được.

Cấu trúc chính của đề án gồm 3 chương :

Chương 1: Khái quát về xử lý ảnh và làm trơn ảnh

Trình bày khái quát về xử lý ảnh và làm trơn ảnh.

Chương 2: Kỹ thuật làm trơn ảnh

Trình bày một số kỹ thuật làm trơn ảnh phổ biến.

Chương 3: Chương trình thử nghiệm

Chương trình ứng dụng và một số kết quả thu được.

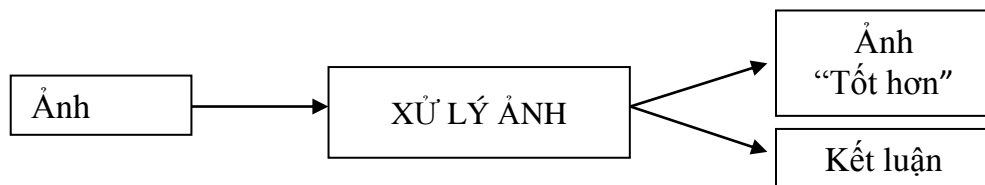
Chương 1: KHÁI QUÁT VỀ XỬ LÝ ẢNH VÀ LÀM TRƠN ẢNH

1.1. Khái quát về xử lý ảnh

1.1.1. Xử lý ảnh

Con người thu nhận thông tin qua các giác quan, trong đó thị giác đóng vai trò quan trọng nhất. Những năm trở lại đây với sự phát triển của phần cứng máy tính, xử lý ảnh và đồ họa đã phát triển một cách mạnh mẽ và có nhiều ứng dụng trong cuộc sống. Xử lý ảnh và đồ họa đóng một vai trò quan trọng trong tương tác người máy.

Quá trình xử lý nhận dạng ảnh là một quá trình thao tác nhằm biến đổi một ảnh đầu vào để cho ra một kết quả mong muốn. Kết quả đầu ra của một quá trình xử lý ảnh có thể là một ảnh “tốt” hơn, hoặc một kết luận.

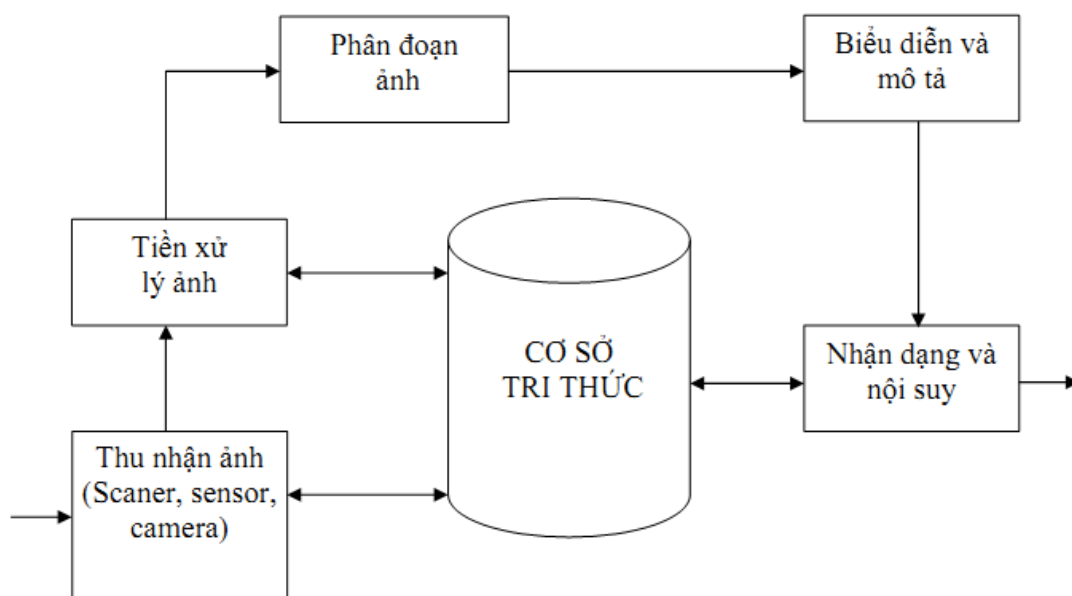


Hình 1.1: Quá trình xử lý ảnh

Như vậy mục tiêu của xử lý ảnh có thể chia ra làm 3 hướng như sau:

- Xử lý ảnh ban đầu để cho ra một ảnh mới tốt hơn theo một mong muốn của người dùng (ví dụ : ảnh nhiễu cần phải lọc nhiễu).
- Phân tích ảnh để thu nhận một thông tin nào đó giúp cho việc phân loại và nhận biết ảnh.
- Từ ảnh đầu vào mà có những nhận xét, kết luận ở mức cao hơn, sâu hơn. (ví dụ: ảnh một tai nạn giao thông phức tạp hiện trường).

1.1.2. Các bước cơ bản trong xử lý ảnh



Hình 1.2 : Các bước cơ bản trong quá trình xử lý ảnh

1.1.2.1. Thu nhận ảnh (Image acquisition)

Đây là bước đầu tiên trong quá trình xử lý ảnh. Để thực hiện điều này ta cần có các thiết bị thu nhận ảnh bao gồm camera, scanner các thiết bị thu nhận này có thể cho ảnh đen trắng.

Các thiết bị thu nhận ảnh có 2 loại chính ứng với 2 loại ảnh thông dụng Raster và Vector. Các thiết bị thu nhận ảnh thông thường Raster là camera, còn các thiết bị thu nhận ảnh Vector là sensor hoặc bộ số hóa (Digitalizer) hoặc được chuyển đổi từ ảnh Raster.

Các thiết bị thu ảnh thông thường gồm camera cộng với bộ chuyển đổi tương tự số AD (Analog to Digital) hoặc scanner chuyên dụng. Các thiết bị thu nhận ảnh này có thể cho ảnh đen trắng hoặc ảnh màu. Đầu ra của scanner là ảnh ma trận số mà ta quen gọi là bản đồ ảnh (ảnh Bitmap). Bộ số hoá (Digitalizer) sẽ tạo ảnh vector có hướng. Nhìn chung, các hệ thống thu nhận ảnh thực hiện hai quá trình:

- Cảm biến : biến đổi năng lượng quang học thành năng lượng điện.
- Tổng hợp năng lượng điện thành ảnh

1.1.2.2. Tiền xử lý (Image processing)

Ở bước này, ảnh sẽ được cải thiện về độ tương phản, khử nhiễu, khôi phục ảnh, nắn chỉnh hình học... Với mục đích làm cho chất lượng ảnh trở nên tốt hơn nữa, chuẩn bị cho các bước xử lý phức tạp kế tiếp sau đó.

Khử nhiễu: Nhiễu được chia thành hai loại: nhiễu hệ thống và nhiễu ngẫu nhiên. Đặc trưng của nhiễu hệ thống là tính tuần hoàn. Do vậy, có thể khử nhiễu này bằng việc sử dụng phép biến đổi Fourier và loại bỏ các đỉnh điểm. Đối với nhiễu ngẫu nhiên, trường hợp đơn giản là các vết bản tương ứng với các điểm sáng hay tối, có thể khử nhiễu bằng phương pháp nội suy, lọc trung vị, lọc trung bình.

Chỉnh mức xám: Đây là kỹ thuật nhằm chỉnh sửa tính không đồng đều của thiết bị thu nhận hoặc độ tương phản giữa các vùng ảnh.

Chỉnh tán xạ: Ảnh thu nhận từ các thiết bị quang học hay điện tử có thể bị mờ, nhòe. Phương pháp biến đổi Fourier dựa trên tích chập của ảnh với hàm tán xạ cho phép giải quyết việc hiệu chỉnh này.

Nắn chỉnh hình học: Những biến dạng hình học thường do các thiết bị điện tử và quang học gây ra. Do đó phương pháp hiệu chỉnh hình ảnh dựa trên mô hình được mô tả dưới dạng phương trình biến đổi ảnh biến dạng $f(x,y)$ thành ảnh lý tưởng $f(x',y')$ như sau:

$$\begin{cases} x' = h_x(x, y) \\ y' = h_y(x, y) \end{cases}$$

Trong đó h_x, h_y là các phương trình tuyến tính (biến dạng do phối cảnh) hay bậc hai (biến dạng do ống kính camera).

1.1.2.3. Phân đoạn (Segmentation) hay phân vùng ảnh

Phân vùng ảnh là tách một ảnh đầu vào thành các vùng thành phần (hay còn gọi là các đối tượng) để biểu diễn phân tích, nhận dạng ảnh.

Ví dụ : Để nhận dạng chữ (hay mã vạch) trên phong bì thư cho mục đích phân loại bưu phẩm, cần chia các câu, chữ về địa chỉ hoặc tên người thành các từ, các chữ, các số (hoặc các vạch riêng) để nhận dạng. Đây là phần phức tạp khó khăn nhất trong xử lý ảnh và cũng dễ gây lỗi, làm mất độ chính xác của ảnh. Kết quả nhận dạng phụ thuộc rất nhiều vào công đoạn này.

1.1.2.4. Biểu diễn và mô tả (Image representation)

a) Biểu diễn ảnh

Đầu ra ảnh sau phân đoạn chứa các điểm ảnh của các vùng ảnh (ảnh đã phân đoạn) cộng với mã liên kết với các vùng lân cận. Việc biến đổi các số liệu này thành dạng thích hợp là cần thiết cho xử lý tiếp theo bằng máy tính. Việc chọn các tính chất để thể hiện ảnh gọi là trích chọn đặc trưng (Feature Selection) gắn với việc tách các đặc tính của ảnh dưới dạng các thông tin định lượng hoặc làm cơ sở để phân biệt lớp đối tượng này với đối tượng khác trong phạm vi ảnh nhận được. Ví dụ : trong nhận dạng kí tự trên phong bì, chúng ta miêu tả các đặc trưng của từng kí tự giúp phân biệt kí tự này với kí tự khác.

b) Mô tả ảnh

Ảnh sau khi số hóa sẽ được lưu vào bộ nhớ, hoặc chuyển sang các khâu tiếp theo để phân tích. Nếu lưu trữ ảnh trực tiếp từ các ảnh thô, đòi hỏi dung lượng bộ nhớ cực lớn và không hiệu quả theo quan điểm ứng dụng và công nghệ. Thông thường, các ảnh thô đó đặc tả (biểu diễn) lại (hay đơn giản là mã hóa) theo các đặc điểm của ảnh được gọi là đặc trưng của ảnh như : biên ảnh, vùng ảnh. Một số phương pháp biểu diễn thường dung:

- Biểu diễn bằng mã chạy: Phương pháp này thường biểu diễn cho vùng ảnh và áp dụng cho ảnh nhị phân.
- Biểu diễn bằng mã xích: Phương pháp này thường dung để biểu diễn các đường biên ảnh.
- Biểu diễn bằng mã tứ phân: Phương pháp này được dùng để mã hóa cho các vùng ảnh

1.1.2.5. Nhận dạng và nội suy ảnh (Image Recognition and Interpretation)

Nhận dạng ảnh là quá trình xác định ảnh. Quá trình này thường thu được bằng cách so sánh với mẫu chuẩn đã được lọc (hoặc lưu) từ trước.

Nội suy là phán đoán theo ý nghĩa trên cơ sở nhận dạng. Ví dụ: một loạt chữ số và nét gạch ngang trên phong bì thư có thể được nội suy thành mã điện thoại. Có nhiều cách phân loại khác nhau về ảnh. Theo lý thuyết về nhận dạng, các mô hình toán học được phân loại theo hai loại nhận dạng cơ bản:

- Nhận dạng theo tham số
- Nhận dạng theo cấu trúc

Một số đối tượng nhận dạng khá phổ biến hiện nay đang được áp dụng trong khoa học và công nghệ là: nhận dạng ký tự (chữ in, chữ viết tay, chữ kí điện tử), nhận dạng văn bản (Text), nhận dạng vân tay, nhận dạng mã vạch, nhận dạng mặt người,...

1.1.2.6. Cơ sở trí thức (Knowledge Base)

Ảnh là một đối tượng khá phức tạp về đường nét, độ sáng tối, dung lượng điểm ảnh, môi trường để thu ảnh phong phú kéo theo nhiều. Trong nhiều khâu xử lý và phân tích ảnh ngoài việc đơn giản hóa các phương pháp toán học đảm bảo tiện lợi cho xử lý, người ta mong muốn bắt chước quy trình tiếp nhận và xử lý ảnh theo cách của con người. Trong các bước xử lý đó, nhiều khâu hiện nay đã xử lý theo phương pháp trí tuệ con người. Vì vậy, ở đây các cơ sở trí thức được phát huy.

1.1.2.7. Trích chọn đặc trưng (Feature extraction)

Vì lượng thông tin chứa trong ảnh là rất lớn, trong khi đó đa số ứng dụng chỉ cần một số thông tin đặc trưng nào đó, cần có bước trích chọn đặc điểm để giảm lượng thông tin không lờ ăy. Việc trích chọn hiệu quả đặc điểm giúp cho việc nhận dạng các đối tượng ảnh chính xác, với tốc độ tính toán cao và dung lượng nhớ lưu trữ giảm.

Các đặc điểm của đối tượng được trích chọn tùy theo mục đích nhận dạng. Có thể nêu ra một số đặc điểm của ảnh sau đây:

Đặc điểm không gian: Phân bố mức xám, phân bố xác suất, biên độ, điểm uốn, v.v..

Đặc điểm biến đổi: Các đặc điểm loại này được trích chọn bằng việc thực hiện lọc vùng (Zonal Filtering). Các bộ vùng được gọi là “mặt nạ đặc điểm” (Feature Mask) thường là các khe hẹp với hình dạng khác nhau (chữ nhật, tam giác, cung tròn,...)

Đặc điểm biên và đường biên: Đặc trưng cho đường biên của đối tượng và do rất hữu ích trong việc trích chọn các đặc tính bất biến được dung khi nhận dạng đối tượng. Các đặc điểm này có thể được trích chọn nhờ toán tử Gradien, toán tử Laplace, toán tử chéo không (Zero Crossing)..

1.1.3. Một số vấn đề cơ bản trong xử lý ảnh

1.1.3.1.Điểm ảnh (Picture element)

Gốc của ảnh (ảnh tự nhiên) là ảnh liên tục về không gian và độ sáng. Để xử lý bằng máy tính, ảnh cần được số hóa. Số hóa là sự biến đổi gần đúng một ảnh liên tục thành một tập điểm phù hợp với ảnh thật về vị trí (không gian) và độ sáng (mức xám).

Khoảng cách giữa các điểm ảnh đó được thiết lập sao cho mắt người không thể phân biệt ranh giới giữa chúng. Mỗi một điểm như vậy gọi là điểm ảnh (PEL:Picture Element) hay gọi tắt là Pixel. Trong khuôn khổ ảnh hai chiều, mỗi pixel ứng với một cặp tọa độ (x,y).

Định nghĩa:

Điểm ảnh (Pixel) là một phần tử của ảnh số tại tọa độ (x, y) với độ xám hoặc màu nhất định. Kích thước và khoảng cách giữa các điểm ảnh được chọn thích hợp sao cho mắt người cảm nhận về sự liên tục về không gian và mức xám (hoặc màu) của ảnh số gần như thật. Mỗi phần tử trong ma trận được gọi là một phần tử ảnh.

1.1.3.2.Độ phân giải ảnh

Định nghĩa: Độ phân giải (Resolution) của ảnh là mật độ điểm ảnh được ấn định trên một ảnh số được hiển thị.

Khoảng cách giữa các điểm ảnh phải được chọn sao cho mắt người vẫn thấy được sự liên tục của ảnh. Việc lựa chọn khoảng cách thích hợp tạo nên một mật độ phân bố, đó chính là độ phân giải và được phân bố theo trục x và y trong không gian hai chiều.

Có ba cách để biểu thị độ phân giải của ảnh:

- Biểu thị bằng số lượng điểm ảnh theo chiều dọc và theo chiều ngang của ảnh (ví dụ: 1024×768)
- Biểu thị bằng tổng số điểm ảnh trên một tấm ảnh (ví dụ: 960.000 pixel)
- Biểu thị bằng số lượng điểm ảnh có trên 1 inch (ppi) hoặc số chấm(dot) có trên 1 inch (dpi)

1.1.3.3.Mức xám của ảnh

Một điểm ảnh (Pixel) có hai đặc trưng cơ bản là vị trí (x, y) của điểm ảnh và mức xám của nó. Chúng ta xem xét một số khái niệm và thuật ngữ thường dùng trong xử lý ảnh:

- **Định nghĩa:** Mức xám của điểm ảnh là cường độ sáng của nó được gán bằng giá trị số tại điểm đó.

- **Các thang giá trị mức xám thông thường:** 16, 32, 64, 128, 256 (mức 256 là mức phổ dụng). Lý do từ kỹ thuật máy tính dùng 1 byte (8 bit) để biểu diễn mức xám. Mức xám dùng 1 byte biểu diễn: 2⁸= 256 mức (tức là từ 0 đến 255).

- **Ảnh đen trắng:** là ảnh có hai màu đen, trắng (không chứa màu khác) với mức xám ở các điểm ảnh có thể khác nhau.

- **Ảnh nhị phân:** Ảnh chỉ có 2 mức đen, trắng phân biệt tức dùng 1 bit mô tả 2 mức khác nhau. Nói cách khác mỗi điểm ảnh của ảnh nhị phân chỉ có thể là 0 hoặc 1.

- **Ảnh màu:** Trong hệ màu RGB (Red, Green, Blue) để tạo nên thế giới màu, người ta thường dùng 3 byte để mô tả mức màu, khi đó các giá trị màu: $2^{8*3}=2^{24}\approx 16,7$ triệu màu.

1.1.3.4. Quan hệ giữa các điểm ảnh

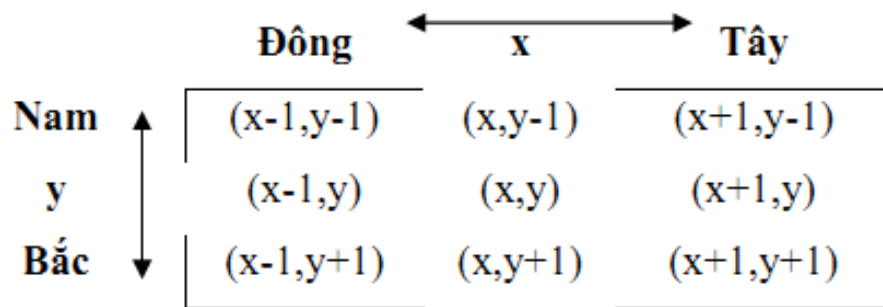
Một ảnh số giả sử được biểu diễn bằng hàm $f(x, y)$. Tập con các điểm ảnh là S , các điểm ảnh có quan hệ với nhau ký hiệu là p, q . Chúng ta nêu một số các khái niệm như sau:

a) Các lân cận của điểm ảnh (Image Neighbors)

Giả sử có điểm p tại tọa độ (x, y) . p có 4 điểm lân cận gần nhất theo chiều đứng và chiều ngang (có thể coi như lân cận 4 hướng chính: Đông, Tây, Nam, Bắc)

$$\{(x - 1, y); (x, y - 1); (x, y + 1); (x + 1, y)\} = N_4(p)$$

Trong đó số 1 là giá trị logic, $N_4(p)$ tập 4 điểm lân cận của p



Hình 1.3: Lân cận các điểm ảnh của tọa độ (x, y)

Các lân cận chéo: Các điểm lân cận chéo $N_p(p)$ (Có thể coi lân cận chéo là 4 hướng: Đông- Nam, Đông- Bắc, Tây- Nam, Tây-Bắc)

$$\{(x + 1, y + 1); (x + 1, y - 1); (x - 1, y + 1); (x - 1, y - 1)\} = N_p(p)$$

Tập kết hợp: $N_8(p) = N_4(p) + N_p(p)$ là tập hợp 8 lân cận của điểm ảnh p .

Chú ý: Nếu (x, y) nằm ở biên (mép) ảnh, một số điểm sẽ nằm ngoài ảnh.

b) Các mối liên kết điểm ảnh

Các mối liên kết được sử dụng để xác định giới hạn (Boundarie) của đối tượng vật thể hoặc xác định vùng trong ảnh. Một liên kết được đặc trưng bởi tính liên hệ giữa các điểm và mức xám của chúng. Giả sử V là tập giá trị các mức xám. Một ảnh có giá trị cường độ sáng từ thang mức xám từ 32 đến 64 được mô tả như sau:

$$V = \{32, 33, 34, \dots, 63, 64\}.$$

Có 3 loại liên kết:

- * **Liên kết 4:** Hai điểm ảnh p và q được nói là liên kết 4 với các giá trị cường độ sáng V nếu q nằm trong một các lân cận của p , tức q thuộc $N_4(p)$.
- * **Liên kết 8:** Hai điểm ảnh p và q nằm trong một các lân cận 8 của p , tức q thuộc $N_8(p)$.
- * **Liên kết m (liên kết hỗn hợp) :** Hai điểm ảnh p và q với giá trị cường độ sáng V được nói là liên kết m nếu
 1. q thuộc $N_4(p)$ hoặc
 2. q thuộc $N_p(p)$

c) Đo khoảng cách giữa các điểm ảnh

Định nghĩa: Khoảng cách $D(p, q)$ giữa hai điểm ảnh p tọa độ (x, y) và q tọa độ (s, t) là hàm khoảng cách (Distance) hoặc Metric nếu:

1. $D(p, q) \geq 0$ (Với $D(p, q) = 0$ nếu và chỉ nếu $p = q$)
2. $D(p, q) = D(q, p)$
3. $D(p, z) \leq D(p, q) + D(q, z)$; z là một điểm ảnh khác.

Khoảng cách Euclide: Khoảng cách Euclide giữa hai điểm ảnh $p(x, y)$ và $q(s, t)$ được định nghĩa như sau:

$$D_e(p, q) = [(x - s)^2 + (y - t)^2]^{1/2}$$

Khoảng cách khối: Khoảng cách $D_4(p, q)$ được gọi là khoảng cách khối đồ thị (City – block Distance) và được biểu diễn như sau:

$$D_4(p, q) = |x - s| + |y - t|$$

Giá trị khoảng cách giữa các điểm ảnh r : giá trị bán kính r từ tâm điểm ảnh này đến tâm điểm ảnh khác.

Khoảng cách $D_8(p, q)$ còn gọi là khoảng cách bàn cờ (*Chess – Board Distance*) giữa điểm ảnh p, q được xác định như sau:

$$D_8(p, q) = \max(|x - s|, |y - t|)$$

1.2. Làm trơn ảnh

1.2.1. Bài toán làm trơn ảnh

Trong hai thập kỉ gần đây, lọc bỏ nhiễu xung là một trong những vấn đề rất được quan tâm ở lĩnh vực xử lý ảnh. Xuất phát từ nguyên nhân thực tế như lỗi trong quá trình truyền tải, trục trặc ở bộ phận cảm biến trên thiết bị thu hình kỹ thuật số, ... Một bộ phận các điểm ảnh (tùy vào tỷ lệ nhiễu) sẽ biến đổi cường độ sáng, dẫn đến chất lượng ảnh bị giảm đáng kể. Đối với những hệ thống xử lý ảnh số, việc lọc nhiễu, làm trơn ảnh được xem là bước tiền xử lý quan trọng và chất lượng của giai đoạn này ảnh hưởng rất lớn đến tính hiệu quả của các xử lý tiếp sau như: phân đoạn ảnh, nhận dạng đối tượng, dò tìm cạnh, ... hay nói cách khác đó là quá trình nâng cao chất lượng ảnh.

Nâng cao chất lượng ảnh là bước cần thiết trong xử lý ảnh nhằm hoàn thiện một số đặc tính của ảnh. Nâng cao chất lượng ảnh gồm hai công đoạn khác nhau: tăng cường ảnh và khôi phục ảnh. Tăng cường ảnh nhằm hoàn thiện các đặc tính của ảnh như sau :

- Lọc nhiễu
- Tăng độ tương phản, điều chỉnh mức xám của ảnh
- Làm nổi biên ảnh

Các thuật toán triển khai việc nâng cao chất lượng ảnh hầu hết dựa trên các kỹ thuật trong miền điểm, không gian, tần số. Toán tử điểm là phép biến đổi với từng điểm ảnh đang xét, không liên quan đến các điểm lân cận khác, trong khi đó toán tử không gian sử dụng các điểm lân cận để quy chiếu tới các điểm ảnh đang xét. Một số phép biến đổi có tính toán phức tạp được chuyển sang miền tần số để thực hiện, kết quả cuối cùng được chuyển trở lại miền không gian nhờ các biến đổi ngược.

Như đã trình bày ở trên, làm trơn ảnh là một phần trong kỹ thuật tăng cường ảnh của cải thiện ảnh. Làm trơn ảnh thuộc phép biến đổi ảnh-ảnh, phép biến đổi này làm khác biệt giữa các pixel không nhiễu. Phép lọc trơn này dùng cho làm mờ ảnh (Blurring) và giảm nhiễu (Noise Reduction).

Thường là ảnh thu nhận có nhiễu cần phải loại bỏ hay ảnh không sắc nét bị mờ hoặc cần làm rõ các chi tiết như đường biên ảnh. Các toán tử không gian trong kỹ thuật

tăng cường ảnh được phân nhóm theo công dụng : làm trơn nhiều, nổi biên. Để làm trơn ảnh hay tách nhiễu, người ta thường sử dụng các toán tử không gian dùng trong kỹ thuật tăng cường ảnh, điển hình là sử dụng các bộ lọc tuyến tính (lọc trung bình, lọc thông thấp) hay lọc phi tuyến (lọc trung vị, giả trung vị, lọc đồng hình). Từ bản chất của nhiễu (thường tương ứng với tần số cao) và từ cơ sở lý thuyết lọc là : bộ lọc chỉ cho tần số nào đó thông qua, do đó để lọc nhiễu người ta thường dùng lọc thông thấp (low pass filter) hay lấy tổ hợp tuyến tính để san bằng lọc trung bình (mean filter). Để làm nổi cạnh (ứng với tần số cao) người ta dùng bộ lọc thông cao (high pass filter), lọc Laplace.

Trước khi nói đến các kỹ thuật áp dụng lọc nhiễu, làm trơn ảnh, em xin nói về phân biệt các loại nhiễu trong quá trình xử lý ảnh. Trên thực tế tồn tại nhiều loại nhiễu, tuy nhiên người ta thường xem xét 3 loại nhiễu chính : nhiễu cộng, nhiễu nhân và nhiễu xung.

Nhiễu cộng : Nhiễu cộng thường phân bố khắp ảnh, nếu gọi ảnh quan sát (ảnh thu được) là X_{qs} , ảnh gốc là $X_{gốc}$, nhiễu là η , ảnh thu được có thể biểu diễn bởi:

$$X_{qs} = X_{gốc} + \eta$$

Nhiễu nhân : Nhiễu nhân thường phân bố khắp ảnh, ảnh thu được có thể biểu diễn bởi:

$$X_{qs} = X_{gốc} * \eta$$

Nhiễu xung : Nhiễu xung thường gây đột biến tại một số điểm ảnh.

1.2.2. Các kỹ thuật chính được dùng làm trơn ảnh

1.2.2.1. Làm trơn nhiễu bằng lọc tuyến tính

- Lọc trung bình (Mean Filter)
- Lọc thông thấp (Low pass Filter)
- Lọc đồng hình (Homomorphic Filter)
- Gaussian Blur

1.2.2.2. Làm trơn nhiễu bằng lọc phi tuyến

- Lọc trung vị (Median Filter)
- Lọc ngoài (Outlier Filter)
- Lọc loại bỏ nhiễu đốm Crimmins (Crimmins Speckle Removal)
- Bộ lọc giữ biên (Kuwahara Filter)

1.2.3. Ứng dụng của làm trơn ảnh

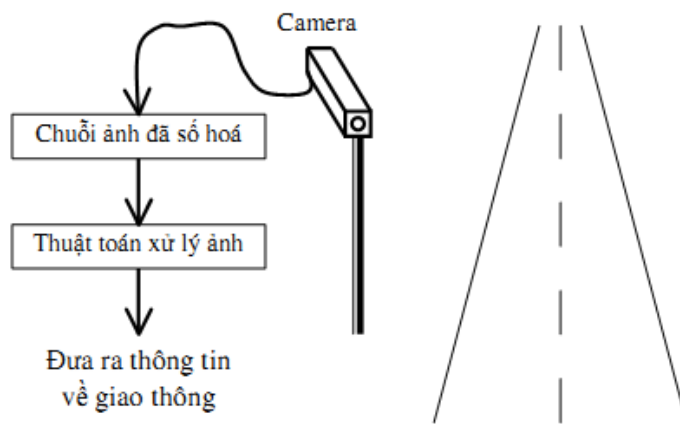
Xét ở khía cạnh nào đó, ta có thể nói *làm trơn ảnh* được ứng dụng khá phổ biến trong nhiều lĩnh vực của đời sống như giải trí, y học, an ninh và một số lĩnh vực khác... Làm trơn ảnh nếu nó đứng riêng lẻ thì hầu như không có ứng dụng gì ngoài công dụng theo nghĩa đen của nó là làm mịn ảnh, và giảm nhiễu. Nhưng khi đặt nó vào trong quy trình xử lý thì nó rất quan trọng, kết quả của nó giúp các xử lý phía sau chính xác hơn. Ví dụ như dò biên với thuật toán canny, trước tiên người ta sẽ dùng Gaussian để làm mịn ảnh trước giúp loại bỏ nhiễu nhằm giúp kết quả dò biên tránh được những sai lầm do nhiễu gây ra. Trong một số trường hợp, các đối tượng thông tin có cùng tính chất với nhiễu (điển hình là trong ảnh siêu âm), việc phát hiện đối tượng khác thường (detect abnormal object) và loại bỏ chúng trước khi tiến hành các xử lý cao hơn là rất quan trọng. Tùy từng đặc thù ảnh và nhiễu mà người ta chọn phương pháp, và sử dụng cửa sổ (design kernel) thích hợp nhằm đạt hiệu quả cao nhất là loại bỏ cái cần loại, giữ lại cái cần giữ.

Ứng dụng vào công nghệ giám sát “camera lọc nhiễu ba chiều” nhằm tăng cường công tác bảo mật an toàn – an ninh, nếu xảy ra bất cứ một vấn đề hay sự cố gì đều được camera ghi lại, từ đó làm tư liệu, bằng chứng để tìm ra nguyên nhân xảy ra vấn đề.



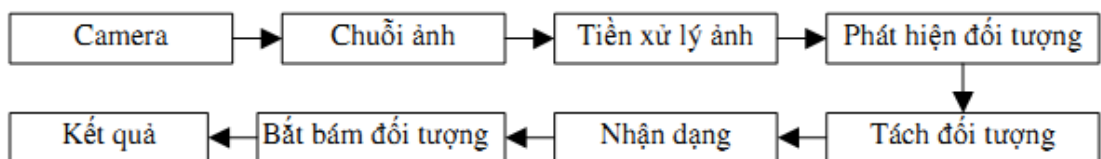
Hình 1.4 :Ví dụ về ứng dụng làm trơn ảnh tích hợp trong camera

Thêm một ứng dụng có sự góp mặt của làm trơn ảnh trong công nghệ giám sát rất đáng được nhắc đến là “*Ứng dụng công nghệ xử lý ảnh thời gian thực trong bài toán tự động giám sát giao thông tại Việt Nam*” (được nghiên cứu bởi KS. Lê Quốc Anh, TS. Phan Tương Lai của Trung tâm KHKT & CNQS cùng với PGS. TS. Lê Hùng Lân, ThS. Nguyễn Văn Tiềm của trường ĐH GTVT Vận Tải). Nghiên cứu này dựa vào sự hỗ trợ tính toán của máy tính thực hiện các thuật toán xử lý ảnh để trích lọc ra các thông tin cần thiết từ chuỗi các ảnh giao thông thu được bởi camera. Mô hình chung của hệ thống giám sát giao thông bằng công nghệ xử lý ảnh camera được minh họa như sau:



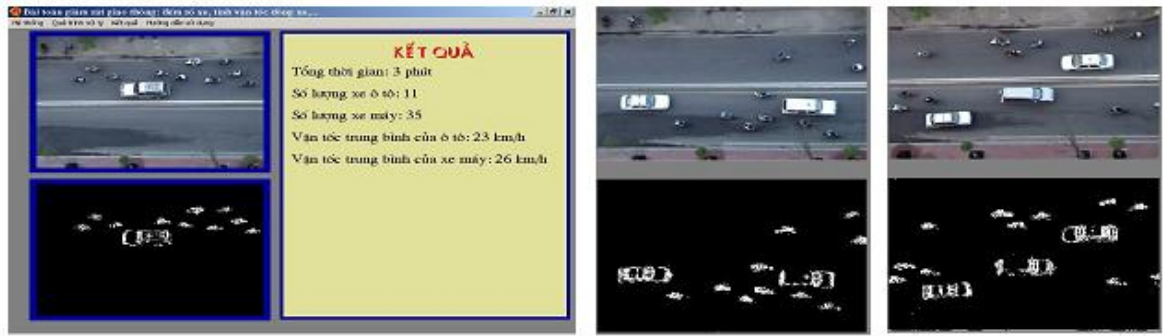
Hình 1.5: Mô hình hệ thống giám sát giao thông dựa trên công nghệ xử lý ảnh

Một hệ thống giám sát giao thông như vậy sẽ bao gồm các bước xử lý như tiền xử lý ảnh, phát hiện đối tượng trong vùng quan sát của camera, tách đối tượng ra khỏi ảnh nền, nhận dạng đối tượng và bắt bám đối tượng. Mô hình chung của bài toán được minh họa như sau:



Hình 1.6: Sơ đồ dòng mô tả các tiến trình xử lý của hệ thống

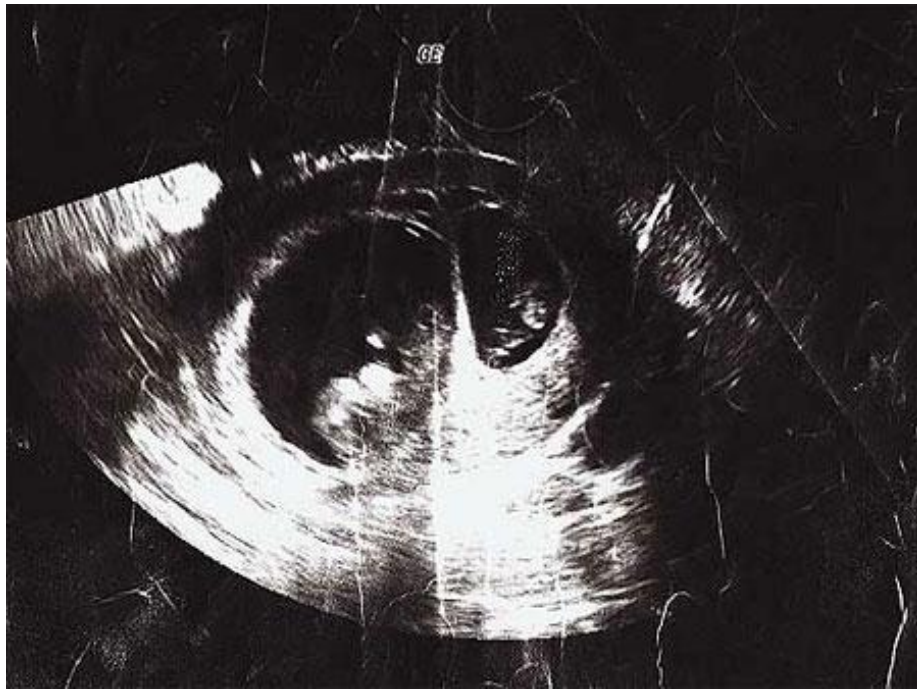
Một số hình ảnh kết quả đạt được của chương trình. Hệ thống chạy thử nghiệm bao gồm 1 camera kỹ thuật số với thông số 25 hình/giây, hệ màu RGB 24, và kích thước ảnh là 320×240 pixel, 1 máy tính có cấu hình Pentium(R) 4 CPU 2.40 GHz, Ram 128 MB. Camera được nối ghép với máy tính qua cổng USB.



Hình 1.7: Giao diện chương trình và kết quả của bài toán tự động giám sát giao thông

Làm trơn ảnh có ứng dụng rất quan trọng trong y học, chúng ta hãy thử hình dung nếu trong ảnh siêu âm hay chụp nội soi mà xuất hiện những đốm nhiễu, tác động đến phỏng đoán chẩn bệnh của bác sĩ bị sai, dẫn đến phương pháp điều trị sai, hậu quả đe dọa đến sức khỏe, tính mạng con người... quả là vấn đề nghiêm trọng.





Hình 1.8: Ảnh siêu âm trong y học

Chúng ta không thể không nhắc đến ứng dụng của làm trơn ảnh trong lĩnh vực quân sự, một trong những vấn đề quan trọng quyết định sự thịnh suy của một quốc gia. Những hình ảnh thu được từ radar quân sự hay vệ tinh, khi số hóa hoặc gặp sự cố, xuất hiện nhiều làm ảnh hưởng thông tin hữu ích trong ảnh, hay có thể gây hậu quả nghiêm trọng.



Hình 1.9: Ảnh thu được từ radar (ảnh chỉ mang tính minh họa)



Hình 1.10: Ảnh chụp từ vệ tinh (ảnh chỉ mang tính minh họa)

Hiện nay có các phần mềm làm trơn ảnh phổ biến thì phải kể đến Photoshop, Photilla photo album software 1.0, Photo plus starter editor,... Và thú vị hơn cả là “*phát triển một số thuật toán xử lý ảnh sử dụng mạng nơ ron tế bào (CNN: cellular Neural Network)*” trong đó có thuật toán lọc nhiễu làm trơn ảnh là *bộ lọc nhiễu đốm thời gian thực dùng công nghệ mạng nơ ron tế bào*, đây là công nghệ có tiềm năng ứng dụng phong phú, và điều quan trọng là có thể thực hiện nhiều mô hình tính toán xử lý thời gian thực phức tạp dùng CNN trên phần cứng hoàn toàn. Đây là công nghệ rất được quan tâm hiện nay, hứa hẹn cho các lĩnh vực nghiên cứu toán học, vật lý, kỹ thuật điện tử về cơ bản và ứng dụng.

Chương 2 : KỸ THUẬT LÀM TRƠN ẢNH

Do có nhiều loại nhiễu can thiệp vào quá trình xử lý ảnh nên cần có nhiều bộ lọc thích hợp. Với nhiễu cộng và nhiễu nhân ta dùng các bộ lọc thông thấp, lọc trung bình và lọc đồng hình, với nhiễu xung ta dùng lọc trung vị, giả trung vị và lọc ngoài.

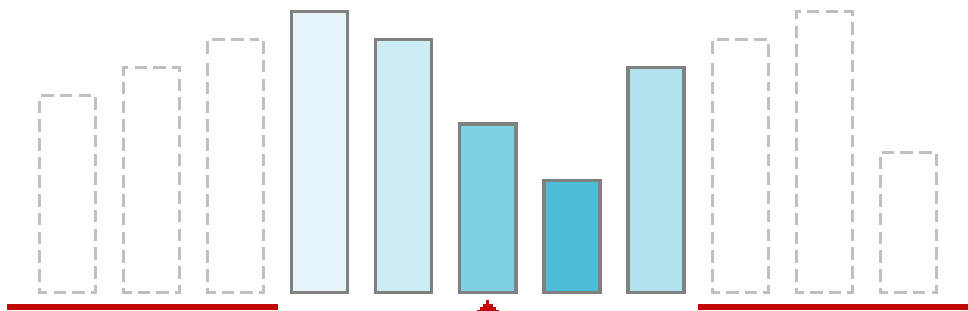
2.1. Làm trơn nhiễu bằng lọc tuyến tính (Linear Filter)

2.1.1. Lọc trung bình không gian (Mean Filter, Average Filter)

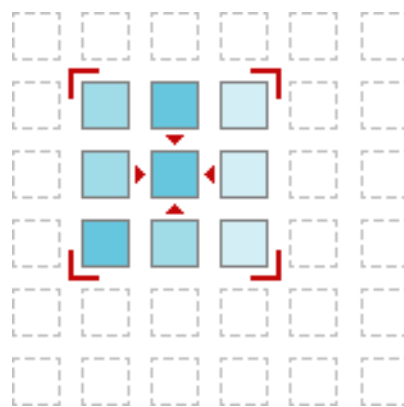
Lọc trung bình là bộ lọc sử dụng cửa sổ lọc của lớp tuyến tính (linear class) để lọc nhiễu và làm trơn ảnh.

Ý tưởng cơ bản của bộ lọc này là thay thế giá trị tại mỗi điểm ảnh bằng trung bình các giá trị của các điểm lân cận nhằm loại bỏ những điểm ảnh biến đổi lớn so với điểm lân cận (nhiều), và những điểm ảnh nằm trên biên cũng có sự biến đổi lớn so với lân cận.

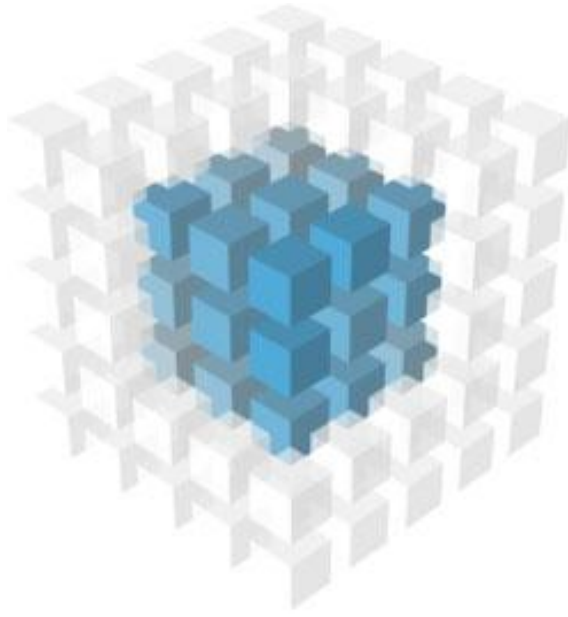
Chúng ta cùng xem một số ví dụ về cửa sổ lọc trong kỹ thuật lọc trung bình.



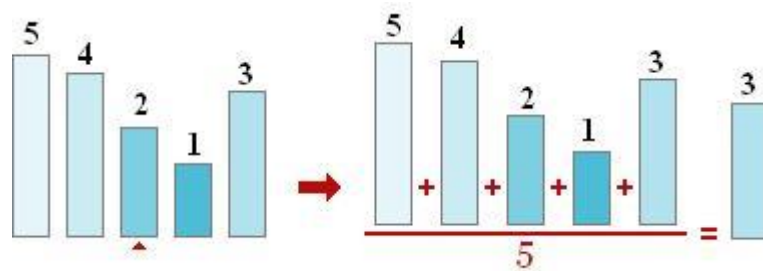
Hình 2.1 : Cửa sổ lọc (mặt nạ) có kích thước 5 trong 1D



Hình 2.2: Cửa sổ lọc (mặt nạ) có kích thước 3x3 trong 2D



Hình 2.3 : Cửa sổ lọc (hay mặt nạ) kích thước 3x3x3 trong 3D



Hình 2.4 : Tính giá trị trung bình

Lọc trung bình được biểu diễn bằng công thức toán học như sau:

$$g(x, y) = \sum_{(k,l) \in W} a(k, l) f(x - k, y - l)$$

Nếu trong kỹ thuật trên ta dùng các trọng số(của cửa sổ lọc) như nhau, phương trình trên sẽ trở thành :

$$g(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{(k,l) \in W} f(x - k, y - l)$$

Với : $f(x, y)$: ảnh đầu vào

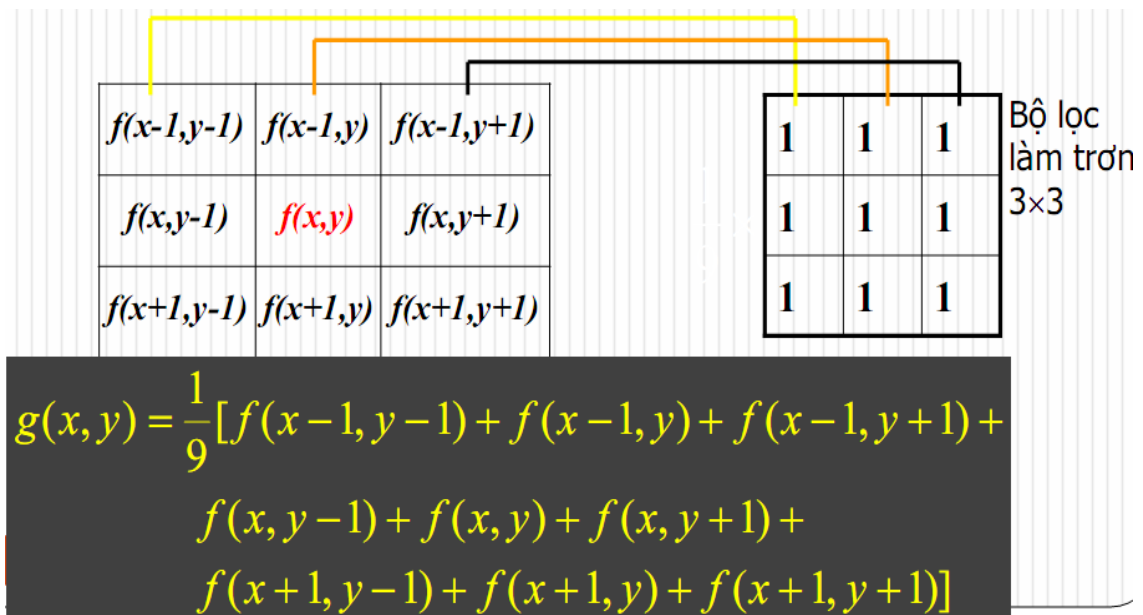
$g(x,y)$: ảnh đầu ra

$a(k,l)$: cửa sổ lọc (mặt nạ)

$$a(k,l) = \frac{1}{N_w} \text{ và } N_w \text{ là số điểm ảnh của cửa sổ lọc } \mathbf{W}.$$

Lọc trung bình có giá trị điểm ảnh chính là tích nhân chập ảnh đầu vào với cửa sổ lọc H , cửa sổ H trong trường hợp này có dạng :

$$H = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$



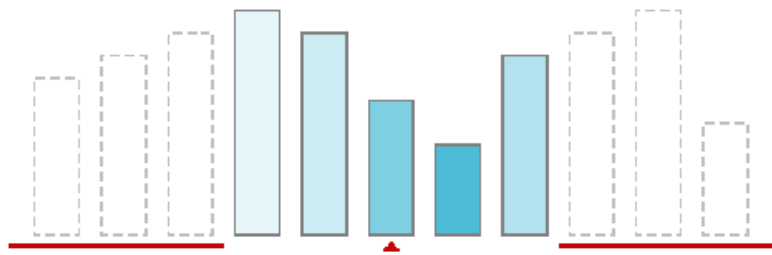
Hình 2.5: Cách thức nhân chập điểm ảnh với cửa sổ

Sơ lược một cách ngắn gọn các bước của giải thuật:

1. Quét cửa sổ lọc lần lượt lên các thành phần của ảnh đầu vào; điền các giá trị được quét vào cửa sổ lọc.
2. Xử lý bằng cách thao tác trên các thành phần của cửa sổ lọc.
3. Tính giá trị trung bình các thành phần trong cửa sổ lọc.
4. Gán giá trị trung bình này cho ảnh đầu ra.

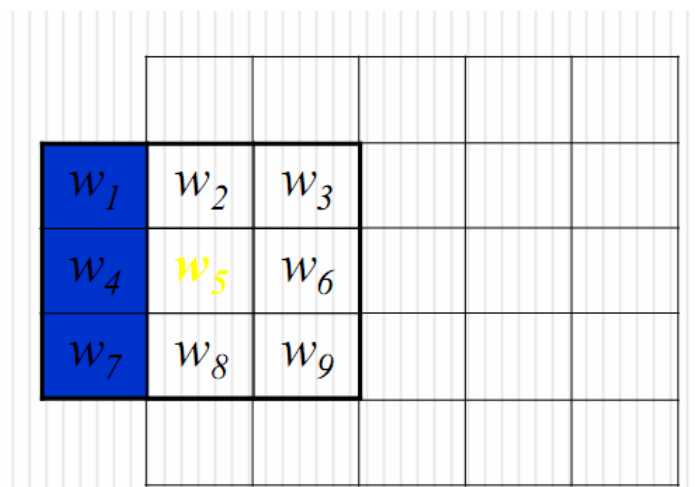
Ta thấy xuất hiện trường hợp đặc biệt:

Trong trường hợp mảng một chiều thì cửa sổ lọc là một mảng có độ dài là 5 (thường chọn là 5- với 1 phần tử chính và 4 phần tử hai bên). Khi cửa sổ quét phần tử đầu tiên hoặc cuối cùng thì phần bên trái hay phần bên phải của phần tử sẽ không tồn tại.



Hình 2.6 : Trường hợp đặc biệt trong 1D

Trong trường hợp mảng hai chiều, khi tâm của cửa sổ lọc di chuyển tới gần biên của ảnh thì một hoặc một số dòng/cột của cửa sổ lọc sẽ nằm ra ngoài ảnh.

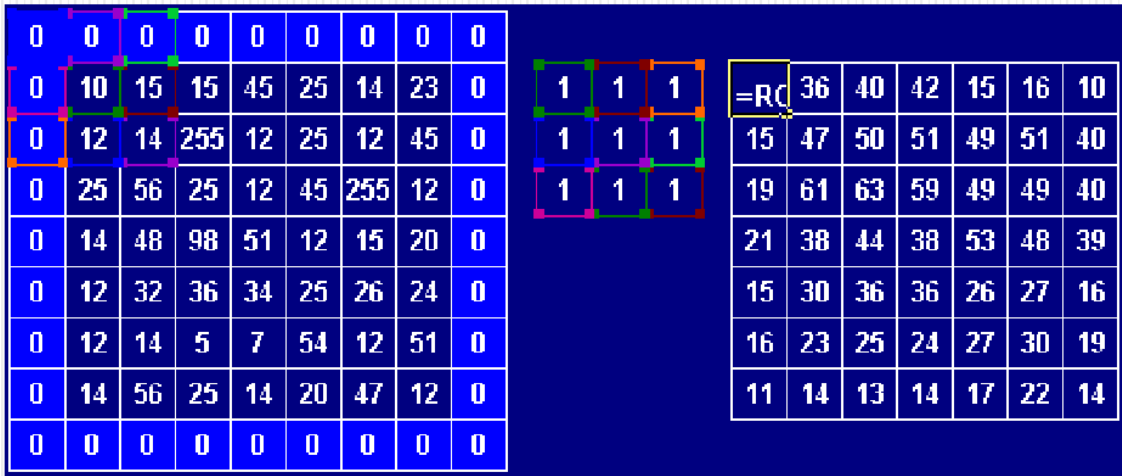


Hình 2.7: Trường hợp đặc biệt trong 2D

Để giải quyết chúng ta có thể chọn một trong những cách giải quyết sau:

- Cửa sổ lọc(mặt nạ) được cắt ngắn tại biên (biên tự do).
- Mở rộng thêm dòng cột tại biên (hiệu chỉnh biên).
- Biên được “bao bọc xung quanh” (chu kỳ biên).

□ Ví dụ: Lọc trung bình



Hình 2.8: Ví dụ lọc trung bình

Ưu điểm :

- Là bộ lọc tuyến tính đơn giản trong tính toán.
- Ảnh đạt độ trơn mịn.

Khuyết điểm:

- Không hoàn toàn loại bỏ các tác dụng của nhiễu, các điểm ảnh đơn lẻ(nhiều) sẽ ảnh hưởng đến giá trị trung bình của các pixel lân cận.
- Độ sắc nét của ảnh kém.
- Độ tương phản thấp.

2.1.2. Lọc thông thấp (Low pass Filter)

Về nguyên lý của bộ lọc thông thấp cũng giống của lọc trung bình, nhưng trong kỹ thuật này người ta dùng các cửa sổ lọc như sau:

$$H = \frac{1}{8} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$H_b = \frac{1}{(b+2)^2} \begin{bmatrix} 1 & b & 1 \\ b & b^2 & b \\ 1 & b & 1 \end{bmatrix}$$

Ta thấy khi $b = 1$, H_b chính là cửa sổ lọc dùng trong kỹ thuật lọc trung bình. Vận lọc trung bình chính là trường hợp đặc biệt của lọc thông thấp.

Để hiểu rõ hơn bản chất khử nhiễu cộng của bộ lọc này, ta viết phương trình thu nhận ảnh dưới dạng:

$$X_{qs}[m, n] = X_{gốc}[m, n] + \eta[m, n]$$

Trong đó $\eta[m, n]$ là nhiễu cộng có phương sai σ_n^2 . Như vậy theo cách tính trung bình ta có:

$$Y[m, n] = \frac{1}{N_w} \sum_{K, L \in W} X_{qs}(m-k, n-l) + \eta[m, n]$$

$$Y[m, n] = \frac{1}{N_w} \sum_{K, L \in W} X_{qs}(m-k, n-l) + \frac{\sigma_n^2}{N_w}$$

Như vậy nhiễu cộng trong ảnh đã giảm đi N_w lần.

2.1.3. Lọc đồng hình (Homomorphic Filter)

Kỹ thuật lọc này hiệu quả với ảnh có nhiễu nhân. Thực tế, ảnh quan sát được gồm ảnh gốc nhân với một hệ số nhiễu. Gọi $\bar{X}(m, n)$ là ảnh quan sát được, $X(m, n)$ là ảnh gốc, và $\eta(m, n)$ là nhiễu. Như vậy:

$$X(m, n) = \bar{X}(m, n) * \eta(m, n)$$

Lọc đồng hình thực hiện lấy logarit của ảnh quan sát. Do vậy ta có kết quả như sau:

$$\text{Log}(X(m,n)) = \text{Log}(\bar{X}(m,n)) + \text{Log}(\eta(m,n))$$

Nhiều nhân có trong ảnh sẽ bị giảm, sau quá trình lọc tuyến tính, ta chuyển về ảnh cũ bằng phép biến đổi hàm e mũ.

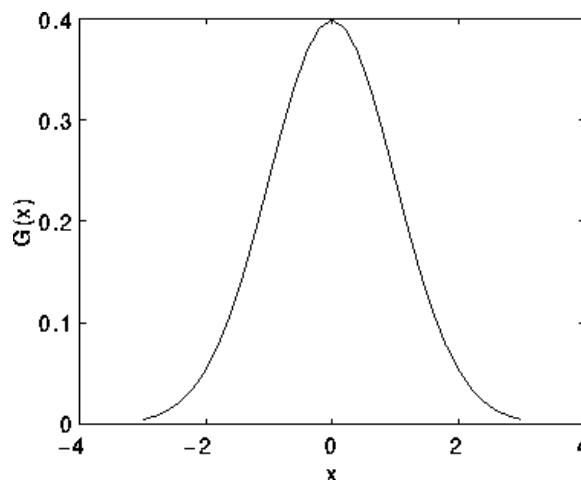
2.1.4. Gaussian Blur

Gaussian blurring là cách làm mờ một ảnh bằng hàm Gaussian. Phương pháp này được ứng dụng rộng rãi và hiệu quả trong các phần mềm xử lý đồ họa. Nó cũng là công cụ phổ biến để thực hiện quá trình tiền xử lý hình ảnh dùng để làm dữ liệu đầu vào tốt cho các phân tích cao cấp hơn trong Computer Vision, hoặc cho các giải thuật được thực hiện trong một tỉ lệ khác của hình đã được cho.

Như vậy, ta có thể nói Gaussian blur là một loại bộ lọc làm mờ ảnh, sử dụng lý thuyết hàm Gaussian (cũng được biết đến như là dạng phân tán chuẩn (Normal Distribution) trong thống kê) để tính toán việc chuyển đổi (Transformation) mỗi điểm ảnh của hình, giúp làm giảm nhiễu và mức độ chi tiết (không mong muốn) của hình ảnh. Đây là phương trình hàm Gaussian (Gaussian Distribution) trong không gian một chiều.

$$G(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$$

trong đó σ phương sai chuẩn của phân tán Gaussian

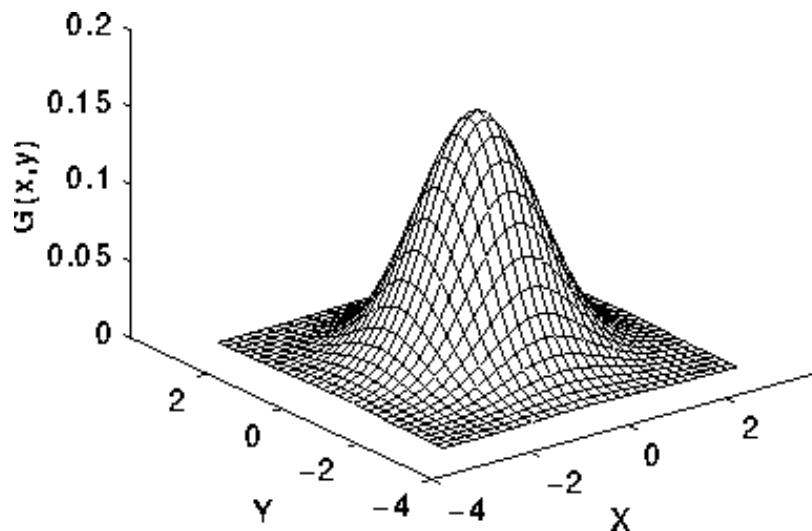


Hình 2.9 : Gaussian distribution with *mean* 0 and $\sigma = 1$

Và trong không gian hai chiều :

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$$

Hai chiều



Hình 2.10 : Gaussian distribution with mean (0,0) and $\sigma=1$

Với x, y là tọa độ theo hai trục đứng và ngang. Trong không gian hai chiều, công thức này sản sinh ra những đường viền là những đường tròn đồng tâm, tuân theo logic phân tán Gaussian từ điểm trung tâm. Giá trị từ hệ thống phân tán này sẽ được sử dụng để xây dựng một ma trận tích chập dùng tính toán phép tích chập với ảnh gốc.

	1	4	7	4	1
	4	16	26	16	4
$\frac{1}{273}$	7	26	41	26	7
	4	16	26	16	4
	1	4	7	4	1

Hình 2.11: Discrete approximation to Gaussian function with $\sigma = 1.0$

Giá trị mới sau khi tính tích nhân chập với cửa sổ (kernel) đại diện cho hàm Gaussian có thể coi là trung bình lượng giá của các điểm ảnh xung quanh nó. Ta thấy

rằng giá trị lượng của phần tử trung tâm kernel tương ứng với điểm ảnh đang xét là lớn nhất, giá trị này sẽ nhỏ hơn đối với các phần tử tương ứng với các điểm ảnh kế cận một cách đối xứng và tỉ lệ thuận với khoảng cách của phần tử này với trung tâm. Tính chất này giúp giữ lại đường viền và đường biên cũng như làm mờ một cách đồng bộ hơn so với các phương pháp khác.

Trong lý thuyết, hàm Gaussian tại mỗi điểm trên hình là khác 0. Điều này có nghĩa là Gaussian kernel nên có kích thước bằng với hình ảnh và giá trị tại mỗi phần luôn khác 0. Tuy nhiên trong thực hành, do việc tính toán dựa trên xấp xỉ rời rạc (Discrete Approximation) cho nên giá trị của các phần tử trên bề mặt Gaussian ở khoảng cách lớn hơn 3σ so với trung tâm gần như không đáng kể (tiệm cận 0). Do vậy các Gaussian distribution ngoài bán kính này sẽ bị bỏ qua, đó cũng là lí do mà thông thường Gaussian kernel có kích thước giới hạn 3, 5, 7..(Cái này tùy thuộc vào giá trị phương sai chuẩn mà bạn chọn). Khoảng cách giữa hai điểm gần nhau trong Gaussian kernel là σ .

Do đặc tính cấu trúc như những hình tròn đối xứng, với hình hai chiều, Gaussian blur có thể được áp dụng như là hai phép tính toán một chiều độc lập (Độc lập tuyến tính- Linear Separable). Có nghĩa là hiệu quả thu được từ tính toán trên ma trận hai chiều có thể tương đương với cách ứng dụng tính toán một loạt các Gaussian một chiều theo hướng ngang và đứng. Điều này rất hữu ích trong việc giảm chi phí tính toán và thể hiện khá rõ trong hai công thức tương ứng sau:

$$O(\omega_{kernel}h_{kernel}\omega_{image}h_{image}) \text{ và} \\ O(\omega_{kernel}\omega_{image}h_{image})+O(h_{kernel}\omega_{image}h_{image})$$

Một vấn đề nữa cần quan tâm của Gaussian blur là nếu chúng ta sử dụng lần lượt nhiều Gaussian cho một ảnh thì kết quả cũng tương đương với khi bạn dùng một Gaussian lớn hơn có bán kính bằng căn bậc hai tổng bình phương các bán kính của các Gaussian đã dùng, ví dụ: $\sqrt{6^2 + 8^2}$. Cũng vì mối quan hệ này mà thời gian tính toán sẽ không được tiết kiệm khi bạn chia nhỏ các Gaussian. Do đó khuyến cáo nên sử dụng Gaussian đơn trong tính toán nếu có thể.

Ngoài ra Gaussian blur cũng được sử dụng để giảm kích thước hình ảnh. Khi tiến hành xử lý giảm tỉ lệ lấy mẫu tín hiệu cho ảnh (Downsampling), người ta thường áp dụng bộ lọc *low pass filter* trước khi tái lấy mẫu. Điều này là để chắc chắn những thông tin không mong muốn, tần số cao sẽ không xuất hiện trong hình đã được Downsampling.

2.2. Làm trơn bằng lọc phi tuyến

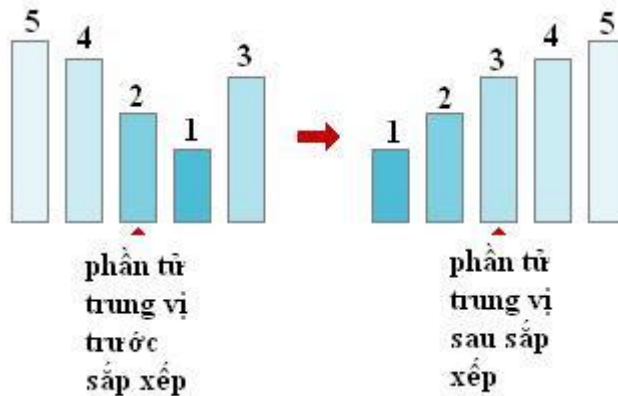
2.2.1. Lọc trung vị (Median Filter)

Lọc trung vị là phép lọc phi tuyến được sử dụng phổ biến, do khả năng lọc khử nhiễu ngẫu nhiên tốt, và ít bị nhòe hơn so với phép lọc trung bình.

Ý tưởng :

Sắp xếp các giá trị điểm ảnh trong cửa sổ tăng hoặc giảm dần so với trung vị. Kích thước cửa sổ thường được chọn sao cho số điểm ảnh trong cửa sổ là lẻ.

Thay thế các giá trị pixel bằng giá trị giữa của danh sách.



Hình 2.12 : Cách thức hoạt động của lọc trung vị

Giả sử $A = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_k\}$ là các giá trị pixel trong cửa sổ lân cận với $a_1 \leq a_2 \leq \dots \leq a_k$.

$$\text{Thì } \text{Median}(A) = \begin{cases} a_{\frac{k}{2}} & \text{nếu } k \text{ chẵn} \\ a_{\frac{k}{2}+1} & \text{nếu } k \text{ lẻ} \end{cases}$$

$$A = \{0, 1, 2, 4, 6, 6, 10, 12, 15\} \rightarrow \text{Median}(A) = 6$$

Sơ lược một cách ngắn gọn các bước của giải thuật:

1. Quét cửa sổ lọc lần lượt lên các thành phần của ảnh đầu vào; điền các giá trị được quét vào cửa sổ lọc.
2. Xử lý bằng cách thao tác trên các thành phần của cửa sổ lọc.
3. Sắp xếp theo thứ tự các thành phần trong cửa sổ lọc.

4. Lưu lại thành phần trung vị, gán cho ảnh đầu ra.

Tính chất của lọc trung vị:

- Lọc trung vị là loại lọc phi tuyến. Điều này dễ nhận thấy qua phương trình sau:

$$\text{Trung vị}(x(m)+y(n)) \neq \text{trung vị}(x(m)) + \text{trung vị}(y(n))$$

- Đạt hiệu quả khá tốt trong việc loại bỏ các điểm ảnh hay các hàng mà vẫn bảo toàn độ phân giải.
- Hiệu quả giảm khi số điểm trong cửa sổ lớn hay bằng một nửa số điểm trong cửa sổ. Điều này dễ giải thích vì trung vị là $(N_w+1)/2$ giá trị lớn nhất nếu N_w lẻ. Lọc trung vị cho trường hợp hai chiều coi như lọc trung vị tách được theo từng chiều.

Nhận xét về lọc trung vị :

Lọc trung vị cho kết quả thực sự tốt khi lọc ảnh với nhiễu xuất hiện làm cho điểm ảnh có cường độ thay đổi mạnh nằm ngoài các giá trị điểm ảnh khác.

Trong lọc trung vị, mỗi điểm ảnh đơn không có tính chất đặc trưng thì sẽ không ảnh hưởng đến mức giữa giá trị tín hiệu. Giá trị giữa chính xác sẽ là giá trị của một trong các điểm ảnh lân cận, lọc trung vị sẽ không tạo ra điểm ảnh mới có giá trị không chân thật khi bộ lọc tăng mức độ lọc. Vì lí do này mà lọc trung vị thì tốt hơn trong việc đảm bảo mức sắc nét của hình ảnh.

Bộ lọc trung vị cho phép phần lớn các chi tiết ảnh có tần số không gian cao đi qua trong khi đó nó sẽ loại trừ có hiệu quả nhiễu trên ảnh (kết quả của việc này là bộ lọc trung vị cho kết quả không tốt khi lọc ảnh với nhiễu Gauss).

Một trong những vấn đề đối với bộ lọc trung vị là chi phí thiết kế đắt tiền và tính toán phức tạp. Để thực thi lọc thì phương pháp trung vị cần phải sắp xếp các giá trị ảnh lân cận thành trật tự số học và như vậy tốc độ xử lý chậm.

2.2.2. Lọc ngoài (Outlier Filter)

Giả thiết có ngưỡng nào đó cho các mức nhiễu(có thể dựa vào lược đồ xám). Tiến hành so sánh giá trị của một điểm ảnh với trung bình số học 8 lân cận của nó. Nếu sai lệch lớn hơn ngưỡng, điểm ảnh này được coi là nhiễu. Trong trường hợp đó

thay thế giá trị của điểm ảnh bằng giá trị 8 lân cận vừa tính được. Bộ lọc ngoài có thể biểu diễn bằng công thức như sau:

$$Y(m,n) = \begin{cases} a(w) & \text{khi } |u(m,n) - a(w)| > \delta \\ u(m,n) & \text{nếu khác} \end{cases}$$

Với $a(w)$ là trung bình cộng các điểm trong lân cận w , δ là ngưỡng ngoài. Các cửa sổ tính toán thường là 3×3 . Tuy nhiên có thể mở rộng ra 5×5 hoặc 7×7 để đảm bảo tính tương quan của ảnh. Quan trọng là xác định ngưỡng để loại nhiễu mà không làm mất thông tin của ảnh.

2.2.3. Loại bỏ đốm nhiễu Crimmins (Crimmins Speckle Removal)

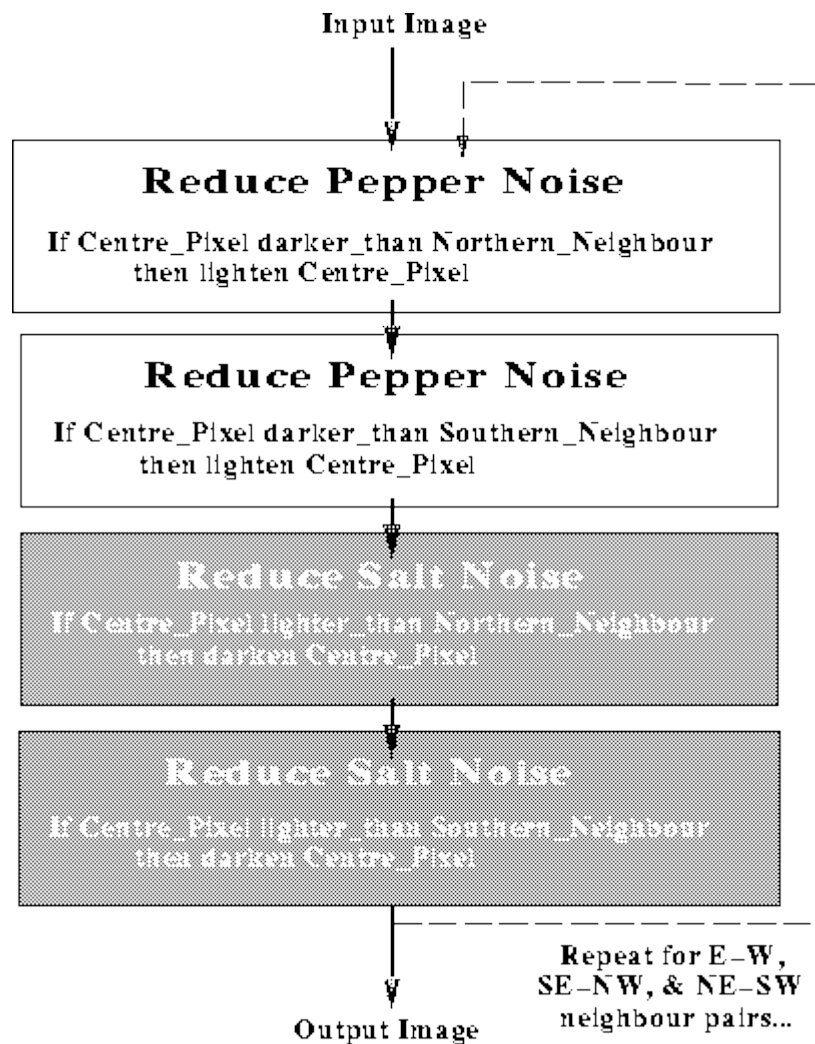


Hình 2.13 : Ảnh minh họa Crimmins Speckle Removal

Loại đốm nhiễu Crimmins giảm nhiễu đốm trong ảnh bằng cách sử dụng thuật toán bóc vỏ bổ sung Crimmins (Crimmins complementary hulling algorithm). Thuật toán này được thiết kế đặc biệt để làm giảm cường độ nhiễu muối tiêu (salt and pepper noise_ thuộc nhiễu nhân) trong ảnh. Không chỉ loại bỏ nhiễu, mà còn làm mờ một số lượng đáng kể các chi tiết có tần số cao trong ảnh.

Cách thức hoạt động của loại đốm Crimmins? Nó đưa ảnh qua bộ lọc loại bỏ đốm, đây là bộ lọc sử dụng kỹ thuật bóc vỏ bổ sung (tăng những điểm ảnh tối hơn so với những điểm ảnh lân cận xung quanh, sau đó giảm những điểm ảnh sáng hơn so với những điểm ảnh lân cận xung quanh). Thuật toán sử dụng kỹ thuật giảm nhiễu phi tuyến, nó so sánh cường độ của mỗi điểm ảnh với 8 điểm ảnh lân cận gần nhất, và dựa trên các giá trị tương đối mà nó tăng thêm hay giảm đi giá trị của điểm ảnh để nó có thể trở thành điểm ảnh đại diện thay cho các điểm lân cận xung quanh. Cách thức thay đổi (và phát hiện) điểm ồn (nhiều) được sử dụng trong Crimmins phức tạp hơn cách thức được dùng trong bộ lọc phi tuyến trung vị. Nó bao gồm một loạt các hoạt động theo cặp, trong đó giá trị của điểm “giữa” trong cửa sổ được so sánh, lần lượt với mỗi

tập hợp các lân cận (S-N, E-W, NW-SE, NE-SW) trong việc tìm kiếm ra những điểm gai (intensity spikes).



Hình 2.14 : Crimmins Speckle removal algorithm

Đối với mỗi lần lặp và cho mỗi cặp các điểm ảnh lân cận, toàn bộ hình ảnh được gửi đến bộ lọc hạt tiêu (pepper filter) và bộ lọc muối (salt filter) như trên. Trong ví dụ này, bộ lọc hạt tiêu được gọi đầu tiên để xác định xem điểm ảnh trung tâm và các lân cận phía bắc của nó, chênh lệch về độ tối 2 mức cường độ hay không, nếu sự so sánh này là đúng thì điểm ảnh tối hơn sẽ được làm sáng hơn 2 lần, nếu không thì sẽ không có sự thay đổi nào. Khi những thay đổi đã được lưu lại thì toàn bộ ảnh sẽ được đưa đến bộ lọc hạt tiêu một lần nữa và tất nhiên cũng với những so sánh như trên, nhưng khác là ở đây so sánh điểm ảnh trung tâm với những điểm ảnh lân cận phía nam của nó. Trình tự này được lặp lại bởi bộ lọc muối.

Có lưu ý rằng, qua một số lần lặp lại, tác dụng của việc làm mịn theo cách này lan truyền cường độ của điểm gai ảnh hưởng đến các điểm ảnh lân cận. Nói cách khác, thuật toán làm mịn bằng cách giảm cường độ của một điểm ảnh quá chênh lệch so với những điểm ảnh lân cận, cũng như tăng cường độ các điểm lân cận quanh điểm gai đó. Điều quan trọng là nhận thấy điểm gai_điểm ảnh với giá trị cường độ chênh lệch hai cấp so với các điểm ảnh bao quanh nó. Điều này có nghĩa là sau hai lần lặp của thuật toán, những điểm lân cận của điểm gai có thể trở thành những điểm gai nằm trong khu vực rộng lớn hơn.

2.2.4. Bộ lọc giữ biên (Kuwahara Filter)

Biên đóng vai trò quan trọng trong cảm nhận ảnh của chúng ta và trong tích ảnh. Bằng cách nào đó ta làm trơn ảnh mà không mất đi độ sắc nét của biên, nếu có thể thì không làm thay đổi vị trí của biên. Bộ lọc đạt được mục đích này gọi là bộ lọc giữ biên. Bộ lọc này sử dụng một cửa sổ :

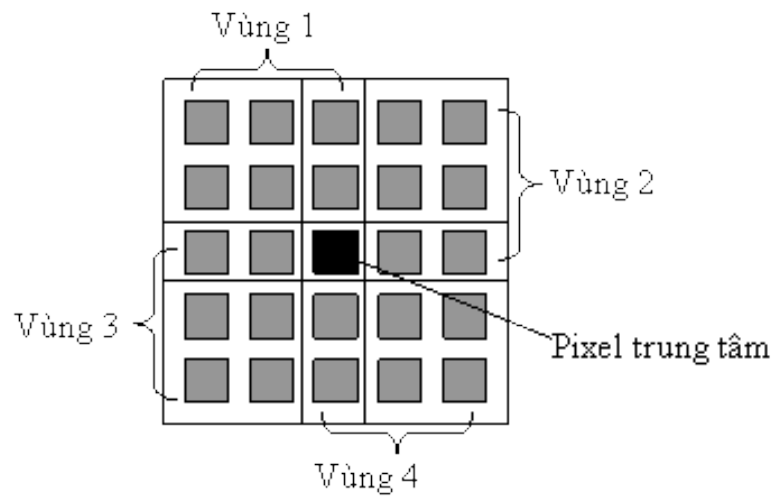
- Kích thước $J=K=4L+1$, với L là số nguyên
- Chia cửa sổ thành 4 vùng (như mô tả sau)
- Trong mỗi vùng, ta tính trung bình độ sáng :

$$m_i = \frac{1}{\Lambda} \sum_{(m,n) \in R} s(m, n)$$

- Và bình phương độ lệch chuẩn :

$$\mu_i^2 = \frac{1}{\Lambda} \sum_{(m,n) \in R} (s(m, n) - m_i)^2 = \frac{\sum_{(m,n) \in R} s^2(m, n) - \Lambda m_i^2}{\Lambda - 1}$$

Λ là số điểm ảnh trong vùng R



Giá trị đầu ra của điểm ảnh trung tâm trong cửa sổ là giá trị trung bình của vùng có bình phương độ lệch chuẩn nhỏ nhất.

Chương 3 : CHƯƠNG TRÌNH THỬ NGHIỆM

3.1. Bài toán

Do tính chất công việc cũng như thẩm mỹ của con người luôn luôn thay đổi để phù hợp với thực tiễn mà những đòi hỏi, yêu cầu đặt ra cho xử lý ảnh ngày càng cao, đa dạng. Theo xu hướng đó, xử lý ảnh phát triển không ngừng hướng tới quy trình xử lý ảnh hoàn thiện. Và làm trơn ảnh là một trong những khâu quan trọng của quy trình xử lý ảnh. Việc đạt đến một công cụ toàn năng, có thể nâng cao chất lượng ảnh trên mọi tỉ lệ nhiễu, kiểu nhiễu cũng như mọi cấu trúc ảnh vẫn là một mục tiêu xa vời. Cụ thể hơn, một phương pháp nếu làm tốt trên ảnh có tỉ lệ nhiễu thấp sẽ không đạt hiệu quả trên ảnh có tỉ lệ nhiễu cao và ngược lại, hoặc nếu phương pháp được thiết kế cho kiểu nhiễu xung này thì không nên áp dụng cho kiểu nhiễu xung khác, vì nó chẳng đạt hiệu quả cao. Ngoài ra, loại trừ tối đa nhiễu xung nhưng vẫn đảm bảo duy trì thông tin chi tiết trên ảnh cũng là một trở ngại đáng kể. Chính vì vậy, trong lĩnh vực này vẫn còn rất nhiều cơ hội và thách thức.

Với bài toán làm trơn ảnh, em cài đặt chương trình thử nghiệm với hai kỹ thuật chính là lọc trung bình (minh họa cho làm trơn ảnh bằng lọc tuyến tính) và lọc trung vị (minh họa cho làm trơn nhiễu bằng lọc phi tuyến tính).

- Đầu vào : Một ảnh có định dạng JPG (hoặc PNG, BMP, GIF, JPEG) (bị ảnh hưởng của nhiễu hoặc không).
- Đầu ra : Ảnh đã làm trơn (lọc trung bình)
Ảnh đã được lọc nhiễu (lọc trung vị)

3.2. Phân tích và thiết kế

Hoạt động của chương trình :

Bước 1: Đưa một ảnh có định dạng JPG (hoặc PNG, BMP, GIF, JPEG) (bị ảnh hưởng của nhiễu hoặc không).

Bước 2: Chương trình quét cửa sổ lọc lần lượt lên các thành phần của ảnh đầu vào; điền các giá trị được quét vào cửa sổ lọc.

Bước 3: Xử lý bằng cách thao tác trên các thành phần của cửa sổ lọc.

Bước 4: Sắp xếp theo thứ tự các thành phần trong cửa sổ lọc (lọc trung vị).

Tính giá trị trung bình các thành phần trong cửa sổ lọc (lọc trung bình)

Bước 5: Lưu lại thành phần trung vị, gán cho ảnh đầu ra (lọc trung vị)

Lưu lại giá trị trung bình, gán cho ảnh đầu ra (lọc trung bình)

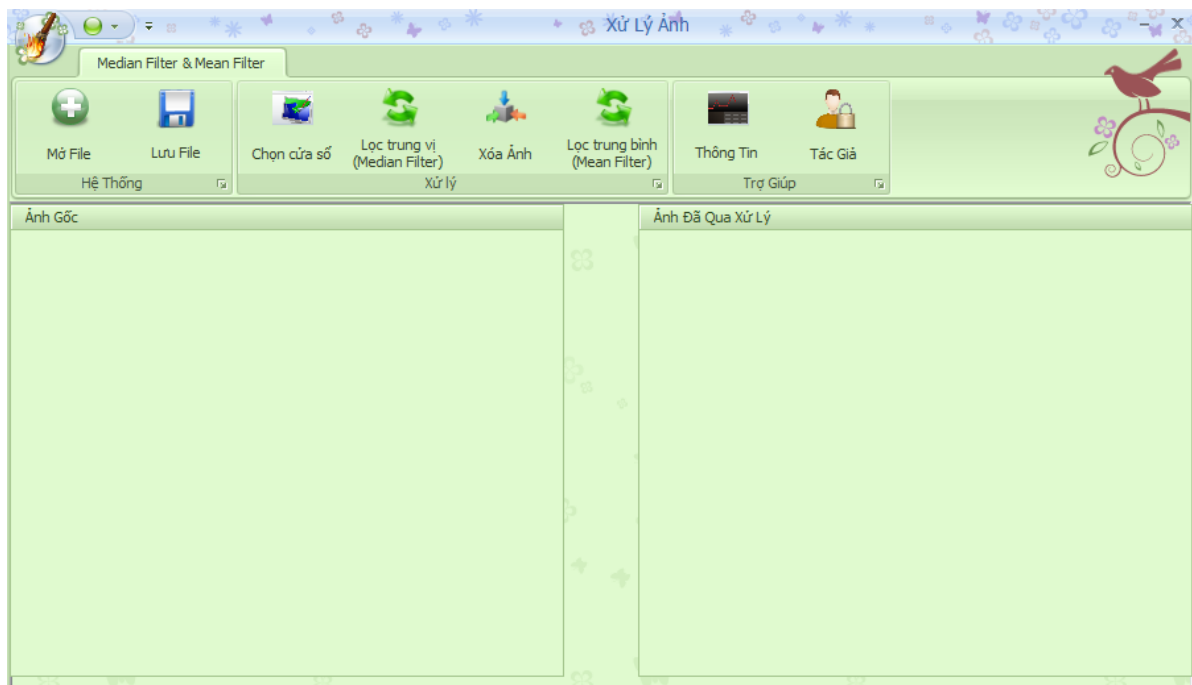
Bước 6: Hiển thị ảnh kết quả.

3.3. Chương trình làm trơn ảnh v.01

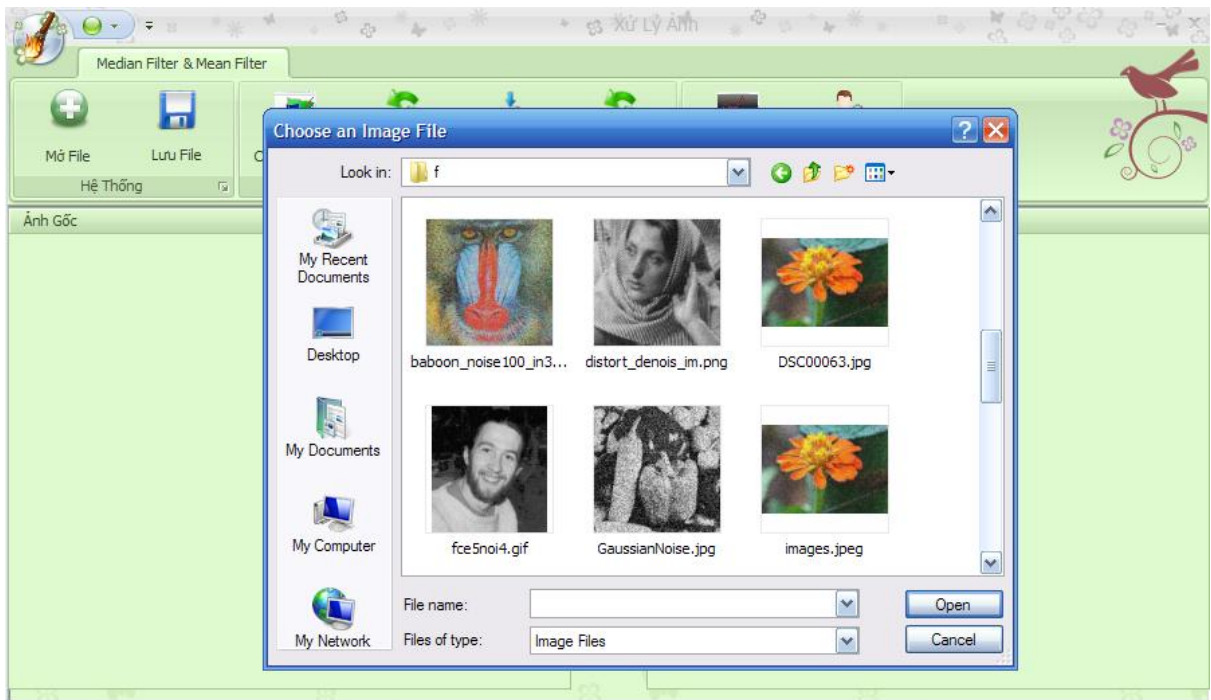
Chương trình được xây dựng bằng bộ công cụ Visual studio 2010 sử dụng ngôn ngữ lập trình C#. Chương trình thử nghiệm cài đặt hai kỹ thuật khá phổ biến là lọc trung bình và lọc trung vị. Một số modul chính của chương trình:

1. Chọn ảnh đầu vào
2. Xử lý ảnh bằng kỹ thuật lọc trung bình
3. Xử lý ảnh bằng kỹ thuật lọc trung vị
4. Hiển thị ảnh kết quả
5. Lưu ảnh

Một số giao diện chính của chương trình:

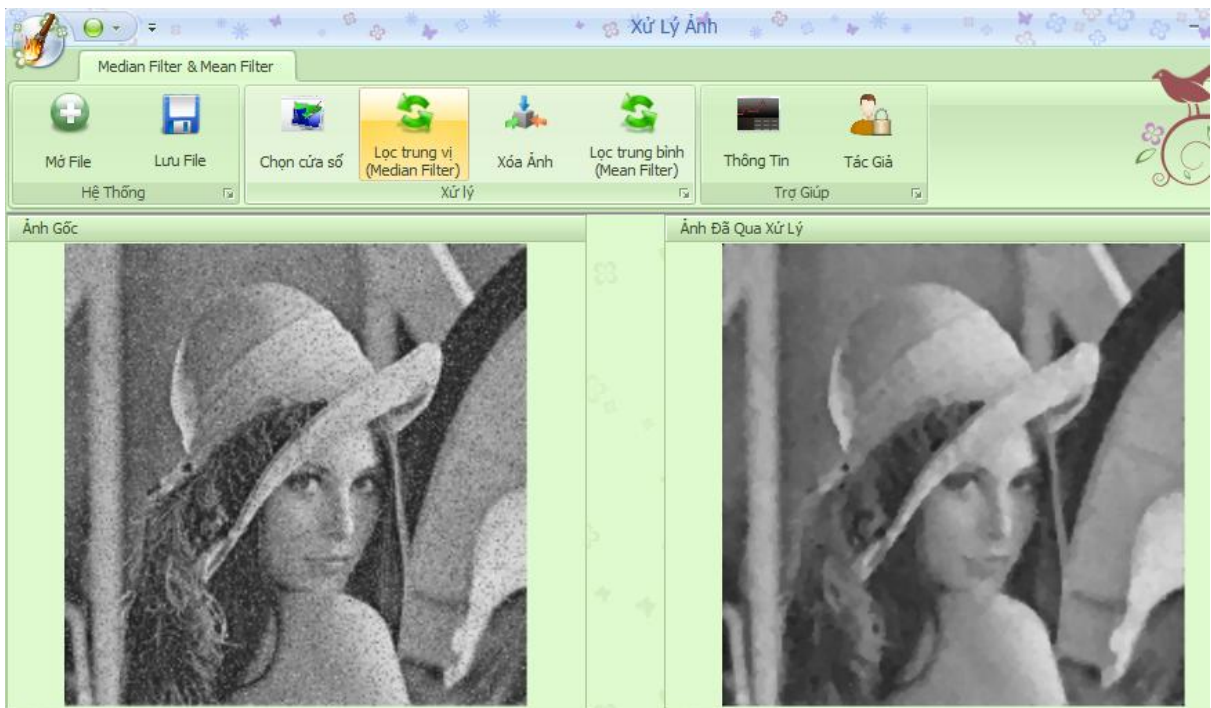


Hình 3.1: Giao diện chính của chương trình

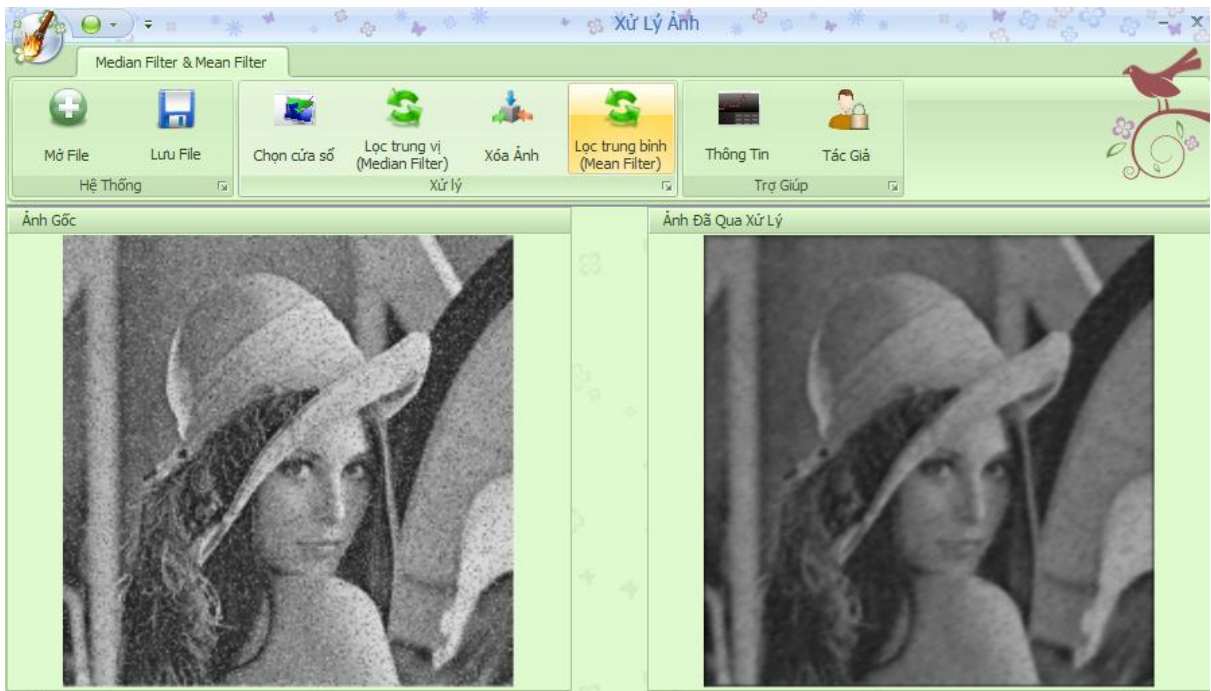


Hình 3.2: Giao diện modul chọn ảnh đầu vào

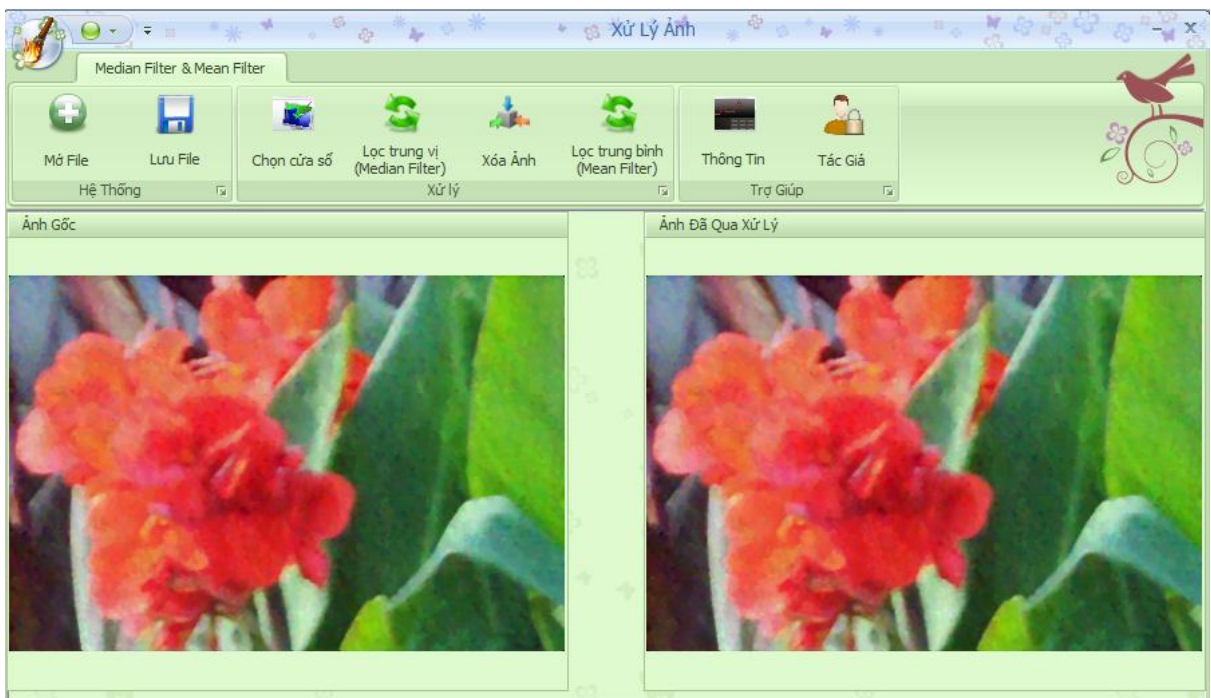
Một số kết quả thu được:



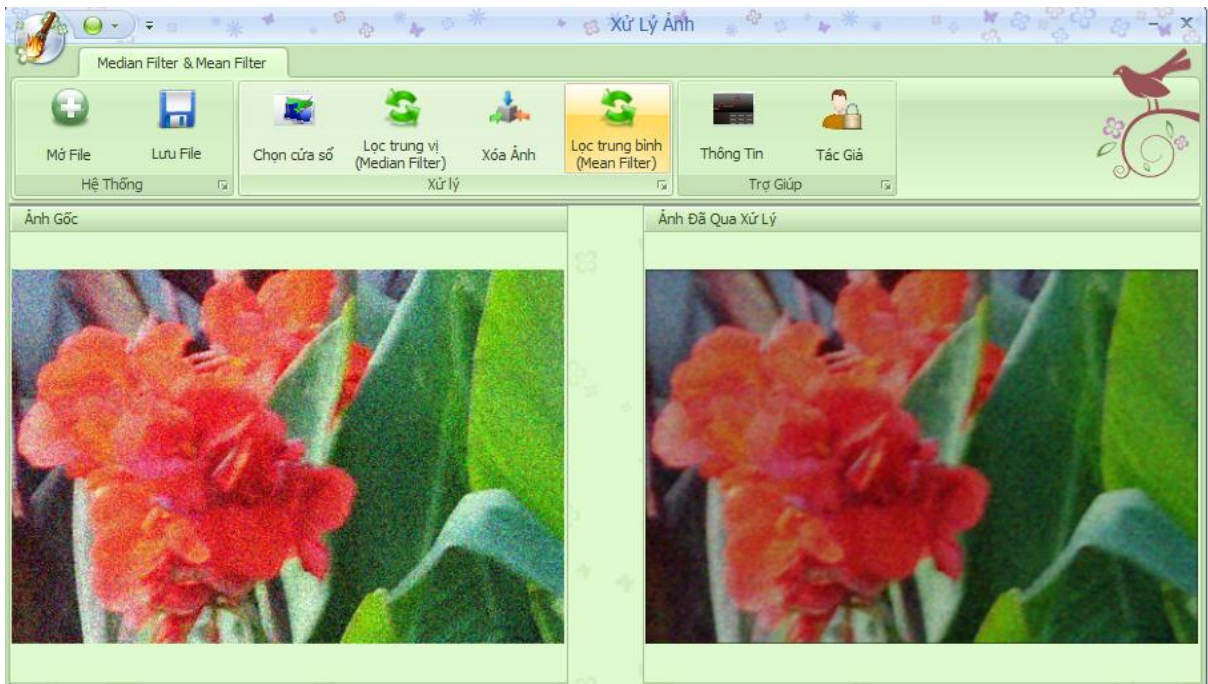
Hình 3.3: Kết quả của lọc trung vị với cửa sổ 3×3 (ảnh nhiễu muối tiêu)



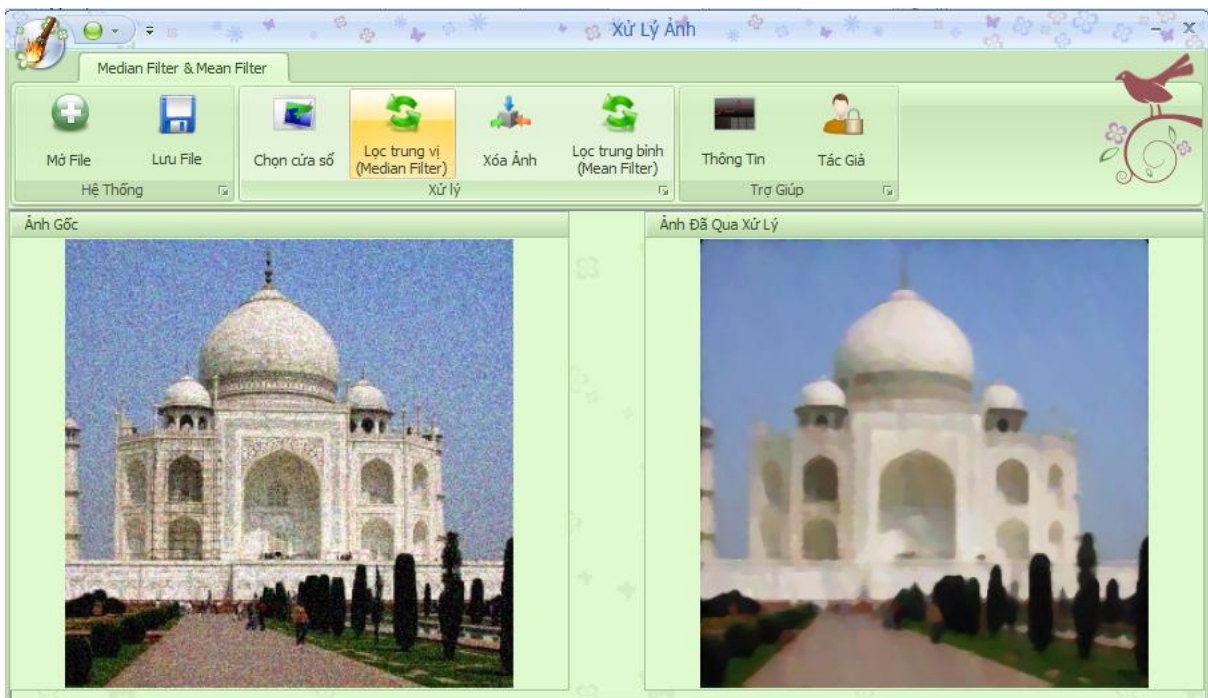
Hình 3.4: Ảnh kết quả của lọc trung bình với cửa sổ 3×3 (ảnh nhiễu muối tiêu)



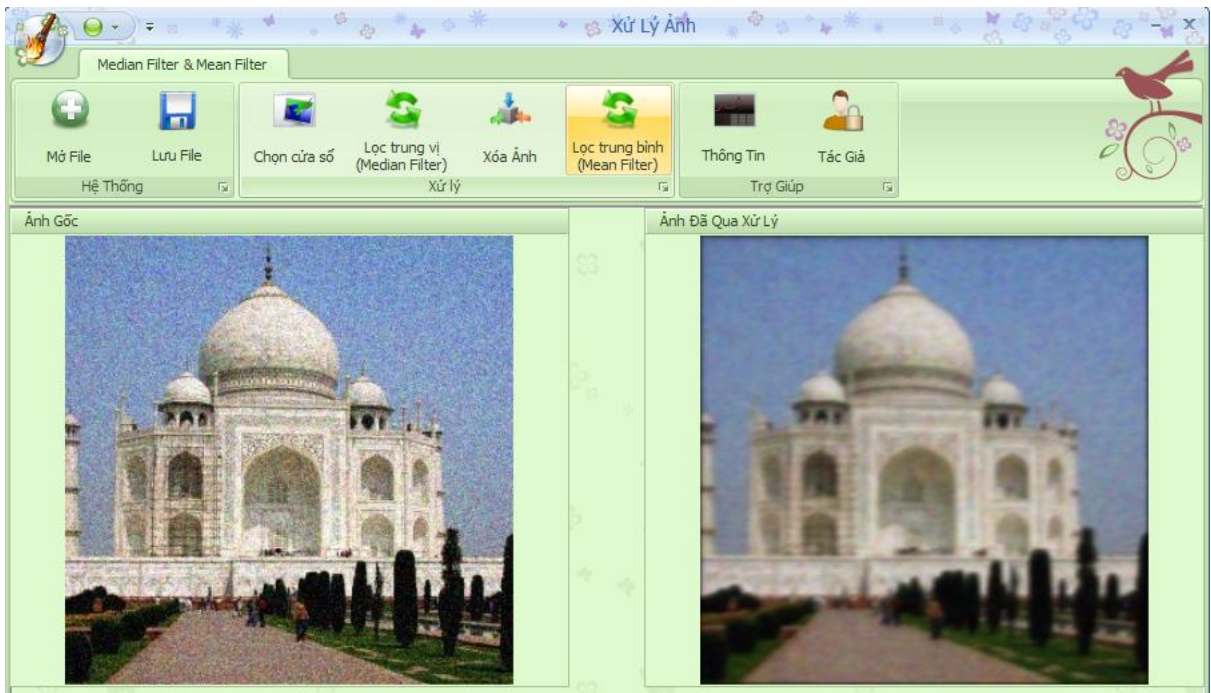
Hình 3.5: Ảnh kết quả của lọc trung vị với cửa sổ 3×3



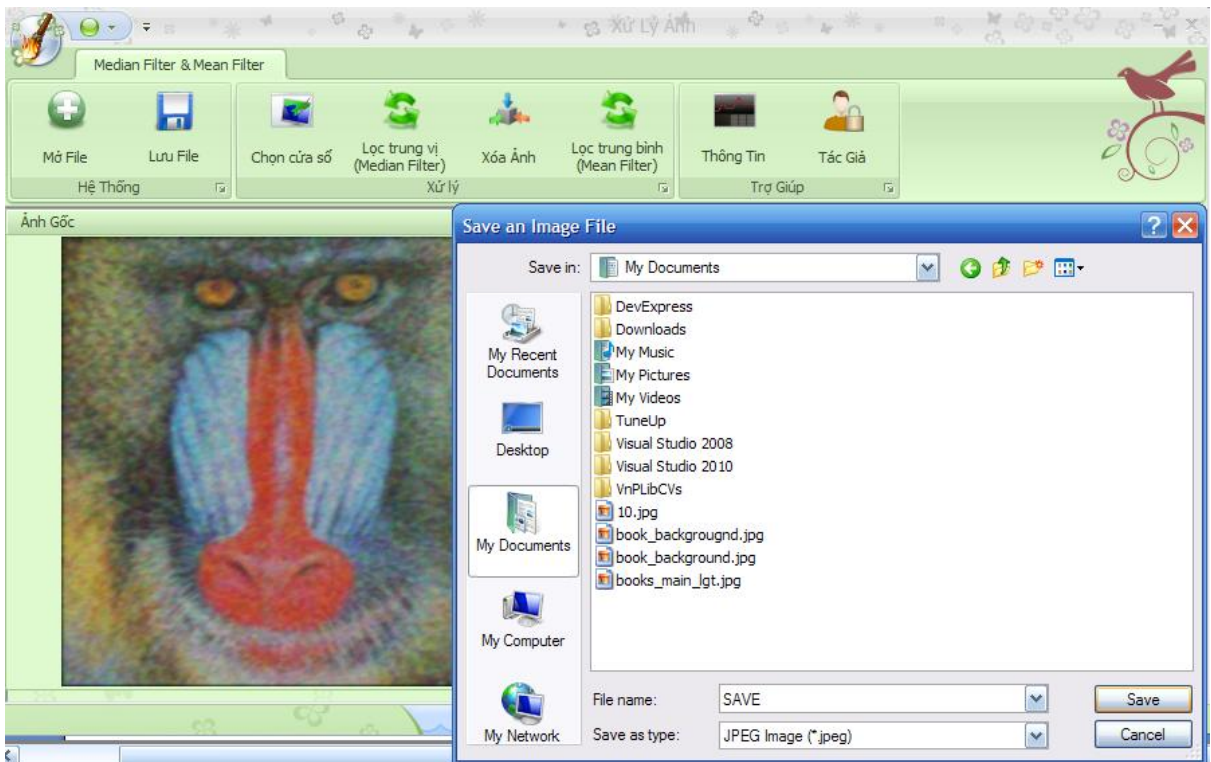
Hình 3.6: Ảnh kết quả của lọc trung bình với cửa sổ 3×3 (ảnh nhiễu cộng)



Hình 3.7: Ảnh kết quả của lọc trung vị với cửa sổ 5×5



Hình 3.8: Ảnh kết quả của lọc trung bình với cửa sổ 5×5



Hình 3.9: Giao diện modul lưu ảnh (ảnh sau khi xử lý)

PHẦN KẾT LUẬN

Trong quá trình nghiên cứu và thực hiện đề án dưới sự định hướng của thầy hướng dẫn, đề án đã tìm hiểu được một cách tổng quan về xử lý ảnh và bài toán làm trơn ảnh, và một số kỹ thuật làm trơn ảnh. Dựa vào những tài liệu tìm được em đã tiến hành cài đặt chương trình thử nghiệm, xây dựng thuật toán xử lý *lọc trung bình* và *lọc trung vị*. Chương trình thử nghiệm cho kết quả khả quan, ảnh sau khi xử lý đã được làm trơn hơn so với ảnh gốc, tuy nhiên kết quả vẫn còn thiếu sót và em cảm thấy khi ứng dụng vào thực tế sẽ không đạt hiệu quả như mong muốn.

Mặc dù đã hoàn thành được mục tiêu chính của đề án nhưng do điều kiện về thời gian có hạn mà lĩnh vực cần tìm hiểu cũng tương đối rộng nên những gì tìm hiểu được trong đề án sẽ khó tránh khỏi những thiếu sót. Chương trình thử nghiệm cũng chưa thực sự hoàn thiện nhưng đó cũng là một kết quả khả quan. Trong thời gian tới nếu có điều kiện em sẽ tìm hiểu thêm và có thể sẽ xây dựng một chương trình thử nghiệm về các thuật toán làm trơn ảnh hoàn chỉnh hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tài liệu Tiếng Việt

- [1]. Đỗ Năng Toàn, Phạm Việt Bình (2007), *Giáo trình xử lý ảnh*, Nhà xuất bản Đại học Thái Nguyên.
- [2]. Lương Mạnh Bá, Nguyễn Thanh Thủy (2007), *Nhập môn xử lý ảnh số*, Nhà xuất bản KHKT.
- [3]. Nguyễn Quang Hoan (2006), Tài liệu đào tạo từ xa *Xử lý ảnh*.

Tài liệu Tiếng Anh

- [4]. Narendra, Patrenahali M. *A Separable Median Filter for Image Noise Smoothing* Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on. Pages 20- 29
- [5] Yao Wang (2006). *Image filtering : Noise removal, Sharpening, Deblurring*, Polytechnic University, Brooklyn, NY11201.

Website

- [6]. <http://msdn.microsoft.com>
- [7]. <http://ieev.org>
- [8]. <http://homepages.inf.ed.ac.uk/>