

**MỤC LỤC**

**LỜI CẢM ƠN** ..... 3

**DANH MỤC HÌNH ẢNH** ..... 4

**PHẦN MỞ ĐẦU** ..... 6

**CHƯƠNG I. KHÁI QUÁT VỀ XỬ LÝ ẢNH VÀ NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG ẢNH TRONG MIỀN KHÔNG GIAN** ..... 7

1.1. Khái quát về xử lý ảnh ..... 7

1.1.1. Xử lý ảnh là gì..... 7

1.1.2. Một số vấn đề cơ bản trong xử lý ảnh..... 8

1.1.2.1. Một số khái niệm ..... 8

1.1.2.3. Tăng cường ảnh ..... 8

1.1.2.2. Biểu diễn ảnh..... 9

1.1.2.4. Biến đổi ảnh ..... 9

1.1.2.5. Nhận dạng ảnh ..... 9

1.1.2.6. Nén ảnh ..... 9

1.2. Khái quát về nâng cao chất lượng ảnh trong miền không gian..... 9

**CHƯƠNG II. NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG ẢNH TRONG MIỀN KHÔNG GIAN** ..... 11

2.1. Khái quát ..... 11

2.2. Các phép biến đổi mức xám cơ bản ..... 13

2.2.1. Ảnh âm bản ..... 13

2.2.2. Chuyển đổi Logarit ..... 14

2.2.3. Chuyển đổi lũy thừa..... 15

2.2.4. Hàm khoảng tuyến tính - tuyến tính từng đoạn ..... 17

2.3. Xử lý Histograms ..... 20

2.3.1. Hiệu chỉnh lược đồ..... 20

2.3.2. Kết hợp lược đồ..... 24

2.3.3. Nâng cấp ảnh theo toán tử vùng ..... 29

2.3.4. Sử dụng thống kê lược đồ cho tăng cường chất lượng ảnh. .... 30

2.4. Nâng cao chất lượng ảnh sử dụng toán tử logic và số học..... 33

2.4.1. Toán tử trừ hình ảnh..... 34

2.4.2. Trung bình hình ảnh..... 35

2.5. Bộ lọc trong miền không gian..... 37

2.6. Làm mịn Lọc không gian ..... 39

2.6.1. Làm mịn bằng lọc tuyến tính ..... 40

2.6.2 Lọc theo thứ tự thống kê .....	41
2.7. Làm sắc nét ảnh lọc không gian .....	42
2.7.1. Cơ bản .....	42
2.7.2. Sử dụng phép vi phân cấp 2 cho tăng cường hình ảnh – Laplacian .....	44
2.7.3. Sử dụng phép vi phân cấp 1 - Gradient.....	50
2.8. Phương pháp kết hợp tăng cường không gian.....	53
<b>CHƯƠNG III: CHƯƠNG TRÌNH THỬ NGHIỆM.....</b>	<b>55</b>
3.1. Bài toán .....	55
3.2. Phân tích, thiết kế chương trình .....	55
3.3. Một số kết quả chương trình .....	56
<b>KẾT LUẬN .....</b>	<b>57</b>
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO .....</b>	<b>58</b>

## **LỜI CẢM ƠN**

*Với lòng biết ơn sâu sắc, tôi xin chân thành cảm ơn PGS TS Ngô Quốc Tạo, Trưởng phòng Nhân dạng và Công nghệ tri thức, Viện Công nghệ thông tin, Viện Hàn Lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam đã định hướng và giúp đỡ tôi tận tình trong suốt quá trình làm đồ án.*

*Tôi xin chân thành cảm ơn các thầy, cô giáo bộ môn khoa Công Nghệ Thông Tin đã truyền dạy những kiến thức thiết thực trong suốt quá trình học, đồng thời tôi xin cảm ơn nhà trường đã tạo điều kiện tốt nhất cho tôi hoàn thành đồ án này.*

*Trong phạm vi hạn chế của một đồ án tốt nghiệp, những kết quả thu được còn là rất ít và quá trình làm việc khó tránh khỏi những thiếu sót, tôi rất mong nhận được sự góp ý của các thầy cô giáo và các bạn.*

*Hải Phòng, ngày 06 tháng 7 năm 2013*

*Sinh viên*

*Nguyễn Thanh Giang*

**DANH MỤC HÌNH ẢNH**

Hình 1.1: *Quá trình xử lý ảnh*

Hình 1.2: *Các bước cơ bản trong 1 hệ thống xử lý ảnh*

Hình 2.1: *Phương pháp lân cận một điểm sử dụng vùng  $3 \times 3$  có tâm tại  $(x,y)$*

Hình 2.2: *Tăng giảm độ sáng tối cho hình ảnh*

Hình 2.3: *Biểu diễn hàm biến đổi âm bản*

Hình 2.4: *Ảnh sử dụng chuyển đổi âm bản*

Hình 2.5: *Ảnh sử dụng chuyển đổi log*

Hình 2.6: *Ảnh sử dụng chuyển đổi gama*

Hình 2.7: *Điều chỉnh gama cho màn hình CRT*

Hình 2.8: *Ảnh sử dụng chuyển đổi lũy thừa với  $y=0.4$  hoặc  $y=0.6$*

Hình 2.9: *Ảnh sử dụng chuyển đổi lũy thừa với  $y=3.4$  và  $c=1$*

Hình 2.10: *Ảnh sử dụng tăng độ tương phản*

Hình 2.11: *Ảnh cắt theo mức xám*

Hình 2.12: *Những lớp bit của 1 bức ảnh 8bit*

Hình 2.13: *Một ảnh 8bit*

Hình 2.14: *8 lớp bit từ hình 2.13*

Hình 2.15: *4 kiểu ảnh cơ bản và đồ thị tương ứng*

Hình 2.16: *Hàm chuyển đổi thỏa mãn 2 điều kiện*

Hình 2.17. *a: ảnh từ hình 2.15, b: ảnh điều chỉnh biểu đồ, c: biểu đồ tương ứng*

Hình 2.18: *Hình sử dụng hàm biến đổi*

Hình 2.19. *a: ánh xạ từ  $r_k$  sang  $s_k$  qua  $T(r)$ , b: tự ánh xạ của  $z_q$ , c: ánh xạ ngược từ  $s_k$  tới  $z_k$*

Hình 2.20: *Hình ảnh và lược đồ mặt trăng ở sao Hỏa*

Hình 2.21. *a: chuyển đổi mức xám cho biểu đồ điều chỉnh, b: ảnh sau khi thực hiện điều chỉnh, c: biểu đồ của ảnh sau khi điều chỉnh*

Hình 2.22. a: biểu đồ chi tiết, b: đường cong 1 khi sử dụng biểu đồ a, đường cong 2 khi áp dụng công thức 2.3-17, c: ảnh kết quả sử dụng đường cong 2, d: biểu đồ của ảnh c

Hình 2.23. a: ảnh gốc, b: ảnh áp dụng điều chỉnh toàn bộ, c: ảnh đã điều chỉnh biểu đồ sử dụng vùng vuông 7X7 cho từng điểm ảnh

Hình 2.27: Ảnh x-quang phân đỉnh đầu bệnh nhân

Hình 2.28: a: ảnh gốc, b: ảnh được điều chỉnh nhiễu với trung bình 0 và độ lệch chuẩn mức xám 64, c-f: kết quả áp dụng khử nhiễu bằng phương pháp trung bình hình ảnh

Hình 2.29: Mô tả cơ chế lọc không gian

Hình 2.30: Cách biểu diễn khác của mặt nạ lọc không gian

Hình 2.31: Bộ lọc mịn 3x3

Hình 2.32. a: hình gốc, b: hình đã áp dụng lọc trung bình, c: hình áp dụng lọc trung tâm

Hình 2.33. a: ảnh gốc, b: đồ thị mức màu của ảnh, c: lược đồ màu

Hình 2.36. a: mặt nạ hỗn hợp 1, b: mặt nạ hỗn hợp 2, c: ảnh gốc, d và e: kết quả sử dụng mặt nạ a và b

Hình 2.37. a: ảnh gốc, b:  $A=0$ , c: laplacian sử dụng mặt nạ 2.38b và  $A=1$ , d: như c nhưng  $A=1.7$

Hình 2.38: Mặt nạ Sobel

Hình 2.39. a: ảnh gốc, b: ảnh độ dốc Sobel

Hình 2.40. a: ảnh gốc, b: ảnh Laplacian của a, c: ảnh làm sắc nét khi cộng ảnh a với b, d: Sobel của a, e: Sobel với lọc trung bình 5x5, f: ảnh mặt nạ kết hợp e và e, g: ảnh làm sắc nét khi cộng a và f, h: ảnh cuối cùng

Hình 3.1: Giao diện chính của chương trình

Hình 3.2: Mở ảnh

Hình 3.3: Kết quả khi thực hiện lọc nhiễu ảnh

## **PHẦN MỞ ĐẦU**

Hình ảnh là một dạng dữ liệu đóng vai trò quan trọng trong việc trao đổi, xử lý, lưu trữ thông tin... Trong chúng ta có lẽ không ai là không từng sử dụng hình ảnh cho một mục đích nào đấy. Trong nhiều ngành nghề, trong một số loại hình công việc, người ta đều cần đến hình ảnh để mô tả, minh chứng hay diễn đạt những điều mà đôi khi chữ viết hay ngôn ngữ nói không lột tả hết được. Đặc biệt trong các ngành công nghiệp như: cơ khí chế tạo, chế biến, sản xuất,... việc đọc hình ảnh có thể nói là thường xuyên và cực kì quan trọng. Bản vẽ kỹ thuật (một dạng của hình ảnh) chính là kết quả ngôn ngữ kỹ thuật, mà qua nó, một quy trình công nghệ phải được xây dựng trong quá trình sản xuất, cũng như nó chính là cơ sở cho việc nghiệm thu bất kì sản phẩm nào. Nhu cầu lưu ảnh của các tài liệu, các bản vẽ, hoặc sửa đổi chúng và chuyển chúng sang các dạng đồ họa khác tiện cho việc nhận dạng, đối sánh mẫu để sử dụng sau này là điều cần thiết. Nhưng phải tổ chức việc lưu các dạng hình ảnh này như thế nào? Có cần xử lý gì trước khi lưu chúng không? Câu trả lời là có. Do vậy tiền xử lý ảnh là việc cần làm. Có nhiều phương pháp, nhiều công cụ, nhiều phần mềm xử lý ảnh đã ra đời. Tăng cường chất lượng ảnh, mà công đoạn đầu tiên là một bước tiền xử lý nhằm loại bỏ nhiễu, khắc phục những khiếm khuyết do bước thu nhận ảnh không tốt là việc làm quan trọng. Có nhiều phương pháp cho việc nâng cao chất lượng ảnh nói chung và tiền xử lý nói riêng. Trong đồ án này, mục tiêu chính của em là tìm hiểu về phương pháp để nâng cao chất lượng ảnh dựa trên các kỹ thuật lọc không gian.

Nội dung đồ án bao gồm:

**Chương 1:** Khái quát về xử lý ảnh và nâng cao chất lượng ảnh trong miền không gian

**Chương 2:** Nâng cao chất lượng ảnh trong miền không gian

**Chương 3:** Xây dựng chương trình ứng dụng

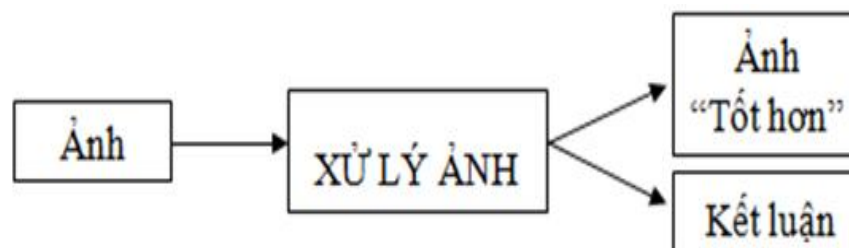
**Phần kết luận.**

# CHƯƠNG I. KHÁI QUÁT VỀ XỬ LÝ ẢNH VÀ NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG ẢNH TRONG MIỀN KHÔNG GIAN

## 1.1. Khái quát về xử lý ảnh

### 1.1.1. Xử lý ảnh là gì

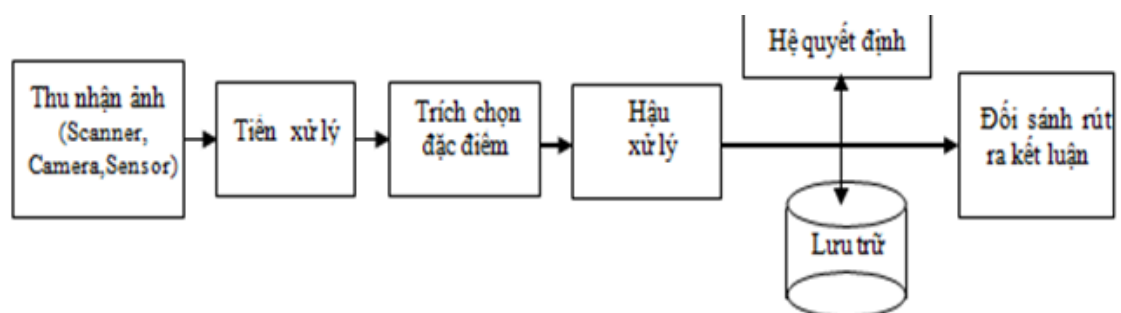
Quá trình xử lý ảnh được xem như là quá trình thao tác ảnh đầu vào nhằm cho ra kết quả mong muốn. Kết quả đầu ra của một quá trình xử lý có thể là một ảnh “tốt hơn” hoặc một kết luận.



Hình 1.1. Quá trình xử lý ảnh

Ảnh có thể xem là tập hợp các điểm ảnh và mỗi điểm ảnh được xem như là đặc trưng cường độ sáng hay một dấu hiệu nào đó tại một vị trí nào đó của đối tượng trong không gian và nó có thể xem như một hàm  $n$  biến  $P(c_1, c_2, \dots, c_n)$ . Do đó, ảnh trong xử lý ảnh có thể xem như ảnh  $n$  chiều.

Sơ đồ tổng quát của một hệ thống xử lý ảnh:



Hình 1.2. Các bước cơ bản trong một hệ thống xử lý ảnh

**1.1.2. Một số vấn đề cơ bản trong xử lý ảnh****1.1.2.1. Một số khái niệm**

- **Điểm ảnh và ảnh**

Gốc của ảnh (ảnh tự nhiên) là ảnh liên tục về không gian và độ sáng. Để xử lý bằng máy tính (số), ảnh cần phải được số hóa. Số hóa ảnh 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 phân biệt được ranh giới giữa chúng. Mỗi một điểm như vậy gọi là điểm ảnh (pixel).

- **Độ phân giải của ảnh**

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

- **Mức xám của ảnh (Gray level)**

Là kết quả của sự biến đổi tương ứng một giá trị độ sáng của một điểm ảnh với một giá trị nguyên dương. Thông thường nó xác định trong khoảng  $0 \dots 255$ . Tùy thuộc vào giá trị xám mà mỗi điểm ảnh được biểu diễn trên 1, 4, 8, 24 hay 32 bit.

- **Ảnh số**

Là tập hợp hữu hạn các điểm ảnh, thường được biểu diễn bằng một mảng hai chiều ( $m \times n$ ) phần tử. Ảnh số được chia làm 3 loại:

- Ảnh nhị phân: Giá trị xám của tất cả các điểm ảnh chỉ nhận giá trị 1 hoặc 0. Như vậy mỗi điểm ảnh trong ảnh nhị phân được biểu diễn bởi 1 bit
- Ảnh xám: Giá trị xám nằm trong khoảng  $0 \dots 255$ . Như vậy mỗi điểm ảnh trong ảnh xám được biểu diễn bởi 1 byte
- Ảnh màu: Là ảnh tổ hợp từ 3 màu cơ bản đỏ (R), lục (G), lơ (B) và thường thu nhận trên các giải băng tần khác nhau. Để biểu diễn cho ảnh màu cần 24 bit, 4 bit này được chia làm ba khoảng 8 bit, mỗi khoảng này biểu diễn cho cường độ sáng của một trong các màu chính

**1.1.2.3. Tăng cường ảnh**

Tăng cường ảnh là bước quan trọng tạo tiền đề cho xử lý ảnh. Nó gồm các kỹ thuật: tăng độ tương phản, khử nhiễu, nổi biên ảnh...



**1.1.2.2. Biểu diễn ảnh**

Trong biểu diễn ảnh người ta thường dùng các phần tử đặc trưng của ảnh là pixel. Việc xử lý ảnh số yêu cầu ảnh phải được mẫu hóa và lượng tử hóa. Một số mô hình được dùng trong biểu diễn ảnh: mô hình toán, mô hình thống kê.

**1.1.2.4. Biến đổi ảnh**

Thuật ngữ biến đổi ảnh thường được dùng để nói tới một lớp các ma trận đơn vị và các kỹ thuật dùng để biến đổi ảnh. Có nhiều loại biến dạng được dùng như: biến đổi Fourier, sin,cosin ....

**1.1.2.5. Nhận dạng ảnh**

Nhận dạng ảnh là quá trình liên quan đến các mô tả đối tượng mà người ta muốn đặc tả nó. Người ta đã áp dụng kỹ thuật nhận dạng khá thành công với nhiều đối tượng khác nhau như: nhận dạng vân tay, nhận dạng chữ viết... Có bốn cách tiếp cận khác nhau:

- ✓ Đối sánh mẫu dựa trên các đặc trưng được trích chọn.
- ✓ Phân loại thống kê.
- ✓ Đối sánh cấu trúc.
- ✓ Phân loại dựa trên mạng nơron nhân tạo.

**1.1.2.6. Nén ảnh**

Dữ liệu ảnh cũng như các dữ liệu khác cần phải lưu trữ hay truyền đi trên mạng mà lượng thông tin để biểu diễn cho một ảnh là rất lớn. Do đó cần phải giảm lượng thông tin hay nén dữ liệu là một nhu cầu cần thiết. Nén ảnh thường được tiến hành theo cả hai khuynh hướng là nén có bảo toàn và không bảo toàn thông tin.

**1.2. Khái quát về nâng cao chất lượng ảnh trong miền không gian**

Mục tiêu chính của việc nâng cấp ảnh là để xử lý một hình ảnh mà kết quả của nó là một bức ảnh phù hợp cho ứng dụng riêng nào đó tốt hơn ảnh gốc. Nâng cấp ảnh được chia thành 2 phương pháp: phương pháp miền không gian và phương pháp miền tần số. Trong kỹ thuật nâng cấp ảnh người ta chủ yếu dựa vào sự kết hợp đa dạng của cả hai phương pháp trên.

Không có một lý thuyết chung về nâng cấp ảnh. Khi một bức ảnh được xử lý để giải thích trực quan, thì người xem sẽ đưa ra đánh giá cuối cùng về phương thức cụ thể hoạt động tốt như thế nào. Đánh giá trực quan chất lượng hình ảnh phải mang

tính chủ quan mặc dù khái niệm về bức ảnh đẹp là tiêu chuẩn khó lắm bắt mà theo đó để so sánh hiệu xuất thuật toán. Việc đánh giá sẽ đơn giản hơn khi mà xử lý hình ảnh được thông qua máy móc.

Tuy nhiên, ngay cả trong những tình huống mà một tiêu chí rõ ràng về hiệu suất có thể được áp dụng vào một vấn đề, số lần thử và sai số cụ thể sẽ được yêu cầu trước khi một phương pháp nâng cấp ảnh được chọn.

## CHƯƠNG II. NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG ẢNH TRONG MIỀN KHÔNG GIAN

### 2.1. Khái quát

Phương pháp miền không gian là thủ tục thao tác trực tiếp trên những điểm ảnh. Quá trình xử lý miền không gian được xác định theo hàm sau:

$$g(x,y) = T[f(x,y)] \quad (2.1-1)$$

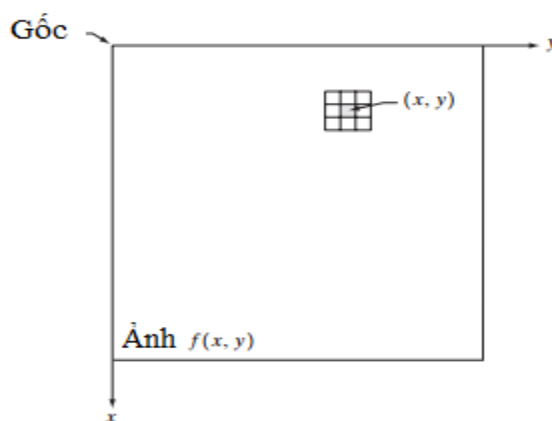
$f(x,y)$ : điểm ảnh đầu vào

$g(x,y)$ : điểm ảnh được xử lý

$T$ : là một hàm của  $f$ , được định nghĩa là lân cận của  $(x,y)$

Thêm nữa,  $T$  có thể thao tác trên một tập hợp những điểm ảnh đầu vào, như là thực hiện tổng pixel-by-pixel của  $K$  điểm ảnh để giảm nhiễu - sẽ được đề cập ở phần 2.4.2

Cách thức chính của phương pháp lân cận một điểm là sử dụng một vùng vuông hoặc hình chữ nhật nhỏ mà có tâm điểm tại  $(x,y)$  như hình 2.1. Tâm của vùng ảnh phụ này được di chuyển thứ tự từng điểm ảnh mà bắt đầu ở điểm trên cùng bên trái. Toán tử  $T$  được áp dụng tại từng điểm  $(x,y)$  để tạo ra điểm  $g$  ở vị trí đó. Quá trình xử lý chỉ sử dụng những điểm ảnh nằm trong vùng ảnh được giới hạn bởi vùng lân cận. Mặc dù các dạng vùng lân cận khác như là hình tròn, thỉnh thoảng được sử dụng, nhưng hình vuông và hình chữ nhật được dùng chủ yếu vì dễ dàng áp dụng.

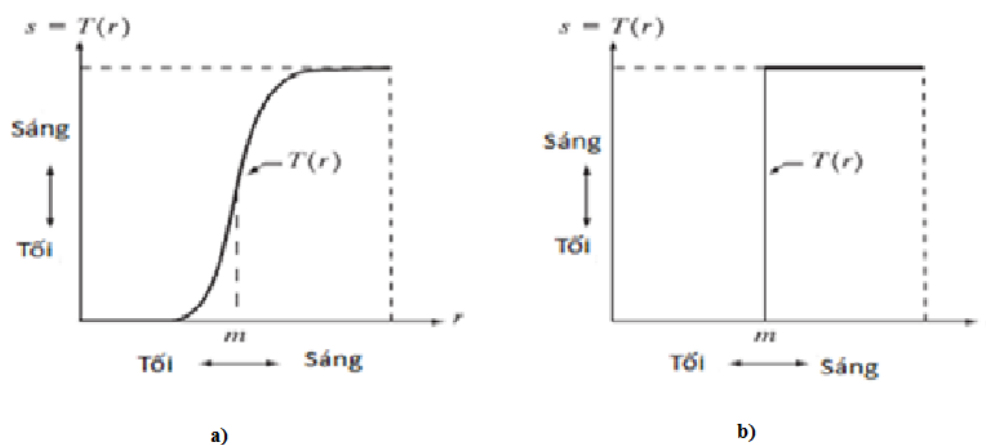


Hình 2.1. Phương pháp lân cận một điểm sử dụng vùng 3x3 có tâm tại  $(x,y)$

Dạng đơn giản nhất của  $T$  là khi vùng lân cận có cỡ  $1 \times 1$  (nghĩa là có một điểm ảnh). Trong trường hợp này,  $g$  chỉ phụ thuộc vào giá trị của  $f$  tại  $(x,y)$  và  $T$  trở thành một hàm chức năng chuyển đổi mức xám.

$$s = T(r) \tag{2.1-2}$$

trong đó các biến  $s$  và  $r$  lần lượt là mức xám của  $f(x,y)$  và  $g(x,y)$  tại điểm  $(x,y)$  bất kỳ. Trong ví dụ hình 2.2a, kết quả của chuyển đổi này có thể tạo ra một hình ảnh có độ tương phản cao hơn ảnh gốc bằng cách làm giảm độ sáng những điểm dưới  $m$  và tăng sáng cho những điểm trên  $m$  trong bức ảnh gốc. Kỹ thuật này được gọi là kéo giãn độ tương phản, những giá trị của  $r$  nằm dưới  $m$  được nén xuống bởi hàm biến đổi  $T$  về dải hẹp của  $s$  tiến gần tới màu đen. Hiệu ứng ngược lại, tiến gần tới màu trắng, được áp dụng cho những điểm  $r$  có vị trí trên  $m$ . Trong trường hợp như ở hình 2.2b,  $T(r)$  tạo ra bức ảnh có 2 cấp độ. ánh xạ này được gọi là hàm giới hạn. Đơn giản nhưng hiệu quả, phương thức xử lý có thể được tạo bởi công thức chuyển đổi mức xám. Bởi vì sự nâng cấp ảnh tại một điểm bất kỳ chỉ phụ thuộc vào mức xám tại điểm đó, kỹ thuật này được gọi là kỹ thuật xử lý điểm.



**Hình 2.2. Tăng giảm độ sáng tối cho hình ảnh**

Vùng lân cận lớn hơn có tính linh động hơn. Phương pháp tổng quát là sử dụng một hàm chứa những giá trị ban đầu của vùng lân cận  $(x,y)$  để xác định giá trị của  $g$  tại điểm  $(x,y)$ . Một trong những phương thức chính của cách thức này là sử dụng mặt nạ (hay còn gọi là bộ lọc, nòng cốt, bản mẫu).Hiểu một cách cơ bản thì 1 mặt nạ là một mảng 2 chiều  $(3 \times 3)$ , như trong hình 2.1, trong đó những giá trị của hệ số mặt nạ xác định bản chất của quá trình, ví dụ như độ sắc nét của hình ảnh. Kỹ thuật này được gọi là *xử lý mặt nạ* hoặc *lọc*(được trình bày ở phần 2.5)

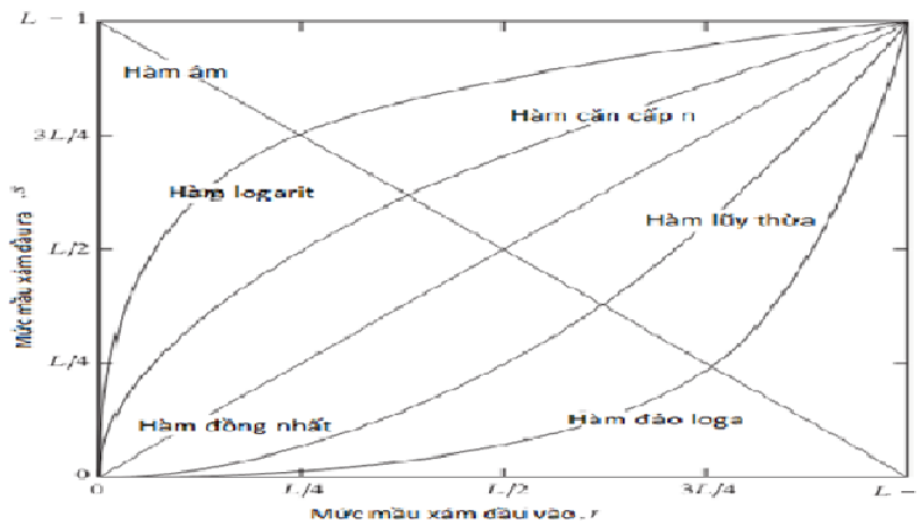
**2.2. Các phép biến đổi mức xám cơ bản**

Chúng ta bắt đầu nghiên cứu kỹ thuật nâng cấp ảnh bằng cách sử dụng những hàm chuyển đổi mức xám. Đây là phần cơ bản nhất của kỹ thuật nâng cấp ảnh.

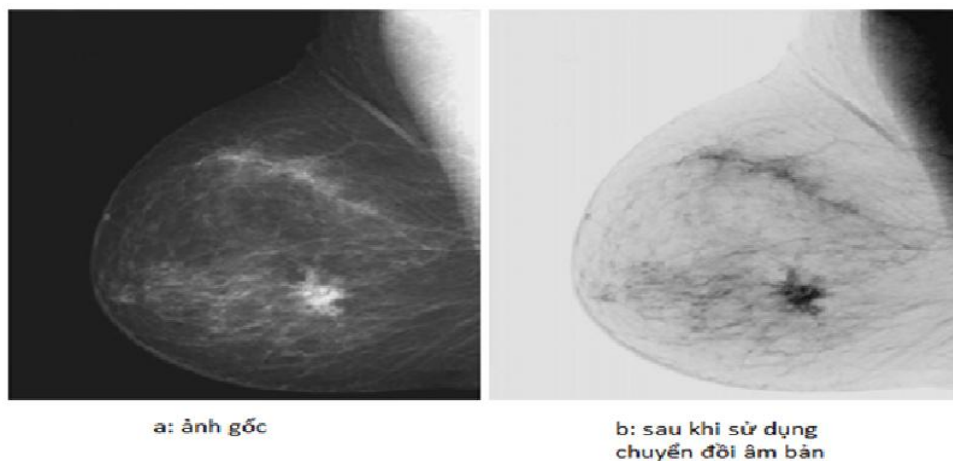
**2.2.1. Ảnh âm bản**

Ảnh âm bản có mức xám trong dải  $[0, L-1]$  được thể hiện bởi hàm biến đổi âm bản (Hình 2.3), hàm này được lược diễn dưới dạng

$$s = L-1-r \quad (2.2-1)$$



**Hình 2.3. Biểu diễn hàm biến đổi âm bản**



**Hình 2.4. Ảnh sử dụng chuyển đổi âm bản**

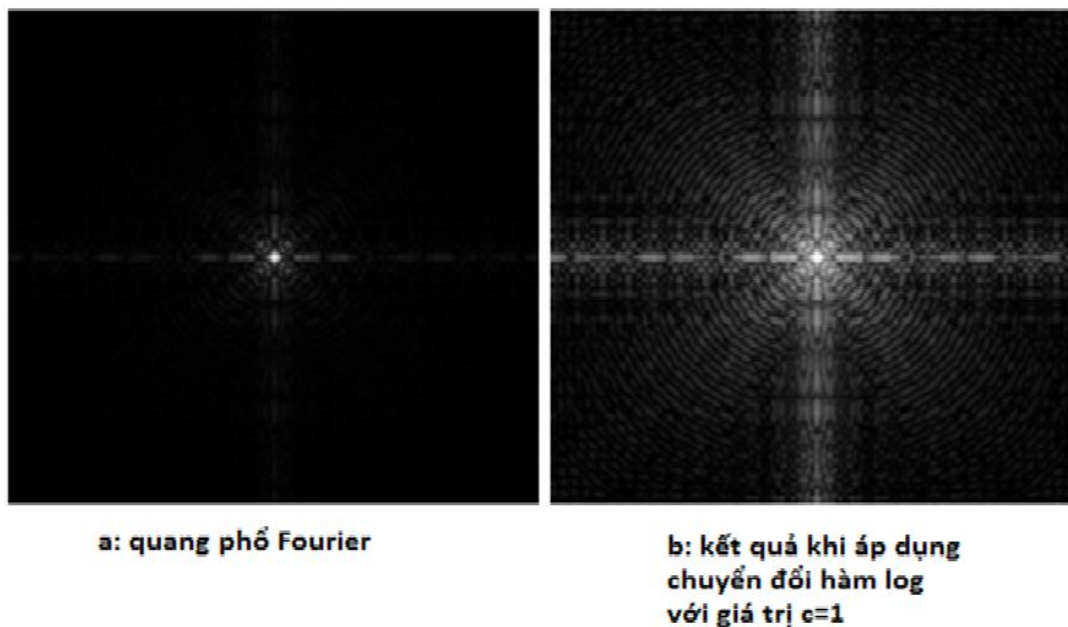
Việc lấy âm bản của bức ảnh sẽ cho ra một phiên bản ảnh âm bản tương tự. Kiểu xử lý này đặc biệt thích hợp cho việc tăng cường các chi tiết sáng hoặc xám mà được bao quanh bởi vùng tối của bức ảnh, nhất là khi vùng tối trong bức ảnh chiếm chủ yếu. Như hình 2.4, ảnh gốc là ảnh phim X-quang vú cho thấy 1 vùng tối thương nhỏ. Mặc dù cả 2 bức ảnh có nội dung giống nhau, nhưng việc chú ý sẽ thuận lợi như thế nào trong việc phân tích các mô vú trong ảnh âm bản ở trường hợp này.

**2.2.2. Chuyển đổi Logarit**

Công thức tổng quát chuyển đổi logarit (hình 2.4) như sau:

$$s = c \log(1+r)$$

Trong đó,  $c$  là hằng số và  $r \geq 0$ . Đường cong log trong hình 2.3 cho thấy biến đổi này ánh xạ dải hẹp của những giá trị mức xám thấp trong hình ảnh đầu vào thành dải rộng hơn ở đầu ra. Chúng ta có thể sử dụng loại chuyển đổi này để mở rộng những giá trị của điểm tối trong bức ảnh trong khi nén những giá trị mức cao hơn. Điều ngược lại cũng đúng với hàm ngược của hàm log.



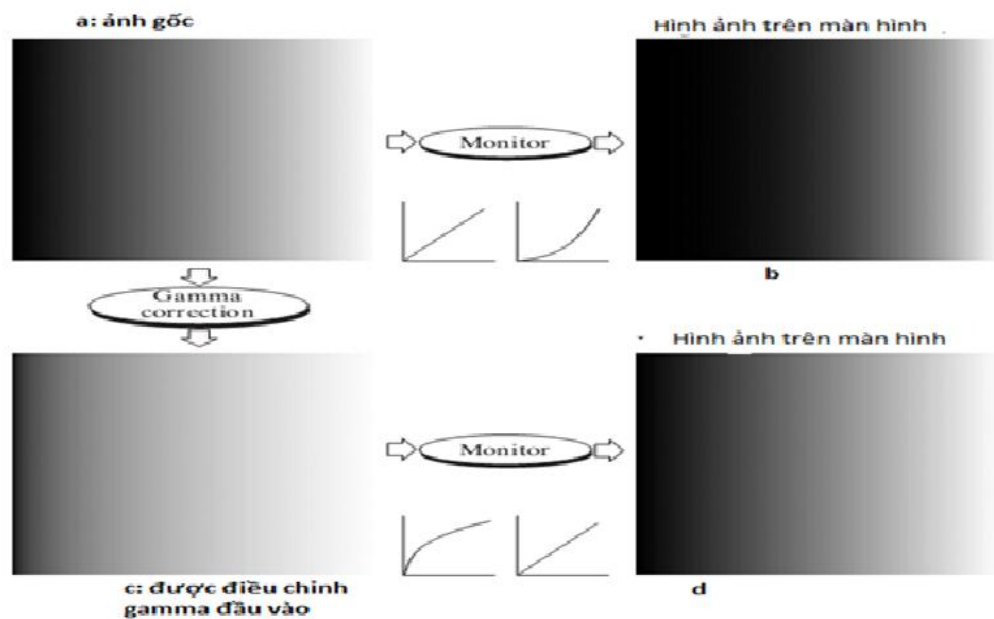
**Hình 2.5. Ảnh sử dụng chuyển đổi log**

Trong hình 2.5, hình ảnh của dãy quang phổ Fourier có chuỗi giá trị nằm trong khoảng 0 đến  $1.5 \times 10^6$ . Khi những giá trị này được lược diễn tuyến tính trên hệ thống 8 bit, những điểm sáng nhất sẽ được ưu tiên thể hiện và sẽ mất đi những điểm có giá trị thấp hơn của dãy quang phổ. Ưu điểm của hiệu ứng được mô tả một cách sống động bởi một vùng nhỏ trên bức ảnh không thể hiện được màu tối. Nếu,

thay vì sử dụng các giá trị trên, chúng ta áp dụng trước công thức (2.2-2) tại giá trị  $c=1$  cho các giá trị của dãy quang phổ, sau đó kết quả của chuỗi giá trị từ 0 đến 6.2. Ở Hình 2.5, kết quả lược diễn trên một dải tuyến tính mới và lược diễn dãy quang phổ trên cũng một hệ thống 8 bit. Sự phong phú của những chi tiết nhìn thấy khi so sánh với bức ảnh gốc của dãy quang phổ. Phần lớn dải quang phổ được thể hiện trên bức ảnh được lược diễn theo cách này.

**2.2.3. Chuyển đổi lũy thừa**

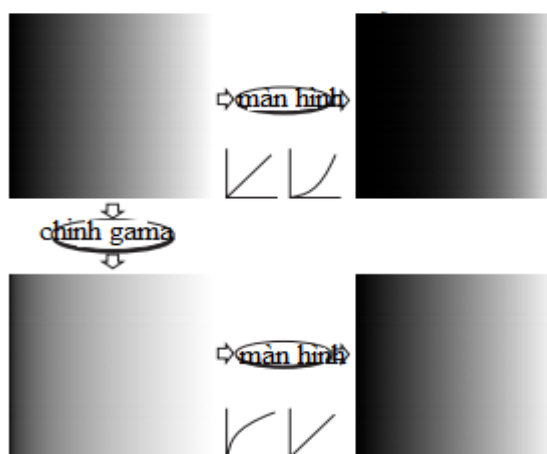
Chuyển đổi lũy thừa có công thức cơ bản là :  $s=cr^y$  (2.2-3), trong đó  $c$  và  $y$  là hằng số dương. Nhiều khi công thức (2.2-3) được viết :  $s=c(r+\square)^y$  để thêm vào phần bù mà có nó là đầu ra có thể được thể hiện khi đầu vào bằng 0. Nhưng phần bù thường là rất nhỏ và được bỏ qua trong công thức 2.2-2. Hình 2.6 là đồ thị của  $s$  và  $r$  khi  $y$  biến thiên. Như trong trường hợp hàm biến đổi logarit, các đường cong quy luật lũy thừa với các các giá trị  $y$  rời rạc chuyển đổi một dải hẹp giá trị đầu vào sang dải rộng hơn. Và ngược lại cũng đúng với các giá trị đầu vào cao hơn. Nhưng không giống như hàm logarit, chúng ta thấy ở đây là một tập hợp các đường cong chuyển đổi được lược diễn biến thiên. Những đường cong được tạo với giá trị  $y>1$  thì cũng được tạo ra bởi chiều ngược lại với  $y<1$ . Cuối cùng, với  $c=y=1$ , thì công thức được lược diễn như một đường thẳng đồng nhất.



**Hình 2.6. Ảnh sử dụng chuyển đổi gamma**

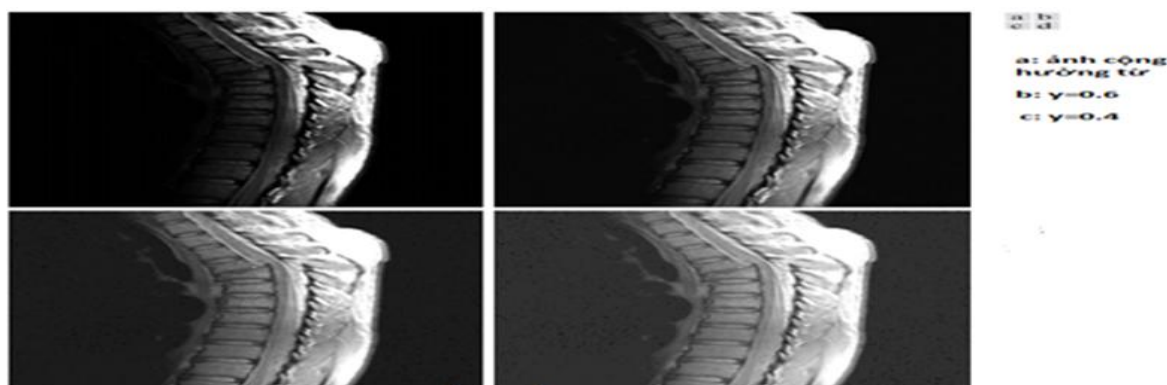
Theo luật lũy thừa, nhiều thiết bị dùng để chụp ảnh, in ảnh và thể hiện hình ảnh. Theo quy ước, số mũ trong phương trình lũy thừa được đặt là  $\gamma, y$ . Quá trình xử lý được dùng để khắc phục hiện tượng phản ứng luật lũy thừa được gọi là điều

chỉnh  $\gamma$ . Ví dụ, màn hình CRT có mức phản ứng cường độ điện áp là một hàm lũy thừa với số mũ nằm trong khoảng 1.8 đến 2.5. Như đường cong mẫu trong hình 2.6 ứng với  $\gamma=2.5$ , thì thiết bị sẽ cho ra hình ảnh tối hơn so với dự định. Hiệu ứng này được miêu tả trong hình 2.7. Hình 2.7a thể hiện bảng tuyến tính màu ghi lên màn hình CRT. Màu sắc thể hiện trên màn hình (h 2.7b) sẽ tối hơn so với màu ban đầu. Điều chỉnh  $\gamma$  sẽ được áp dụng trong trường hợp này. Chúng ta cần làm là xử lý trước bức ảnh đầu vào trước khi chuyển bức ảnh ra màn hình bằng cách dùng hàm biến đổi  $s=r^{1/25}=r^{0.4}$ . Kết quả là ở Hình 2.7c, khi xuất ra cùng một màn hình, thì hình ảnh đầu vào đã được điều chỉnh  $\gamma$  xử lý cho ra một hình ảnh gần đúng nhất với hình ảnh gốc(hình 2.7d).



**Hình 2.7. Điều chỉnh gama cho màn hình CRT**

Công dụng khác nữa của điều chỉnh  $\gamma$ : chuyển đổi lũy thừa sẽ hữu dụng cho thao tác tương phản. Khi so sánh các kết quả, thì hình ảnh tốt nhất dựa theo độ tương phản và có thể nhìn thấy được tạo bởi giá trị  $\gamma$   $y=0.4$ . Với giá trị  $\gamma$   $y=0.3$  là mức gần giới hạn dưới mà mức tương phản của bức ảnh có thể bị giảm tới mức không thể chấp nhận được.



**Hình 2.8. Ảnh sử dụng chuyển đổi lũy thừa với  $y=0.4$  hoặc  $y=0.6$**



Hình 2.9 đưa ra một vấn đề ngược với hình 2.8. Hình ảnh thừa sáng và cần giảm mức xám. Áp dụng công thức 2.2-3 với các giá trị  $\gamma > 1$ . Sau khi xử lý ảnh 2.9 a, kết quả cho ra bức ảnh b-d với giá trị của  $\gamma$   $\gamma=3,4$  và 5. Hình ảnh sau xử lý có thể chấp nhận được với các giá trị  $\gamma$   $\gamma=3$  và 4, với  $\gamma$   $\gamma=4$  cho ra chất lượng hình ảnh tốt hơn bởi vì mức tương phản cao hơn. Bức ảnh với giá trị  $\gamma=5$  có nhiều vùng quá tối và các chi tiết bị mất.



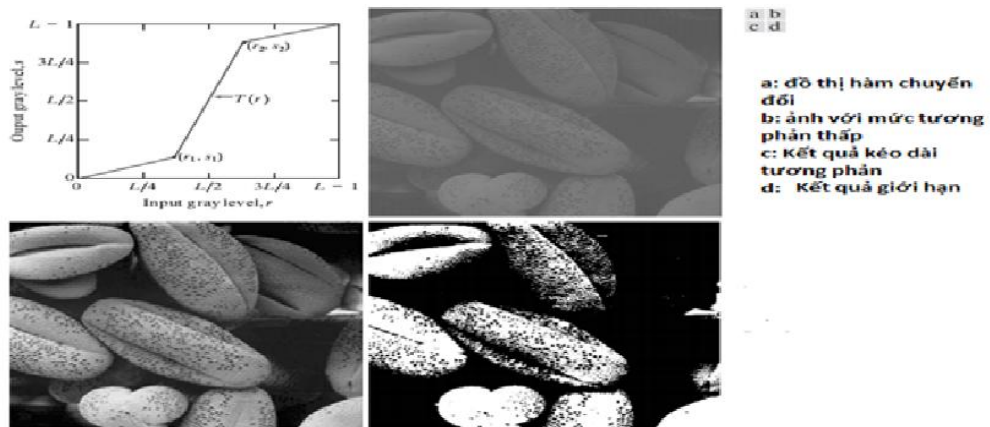
**Hình 2.9. Ảnh sử dụng chuyển đổi lũy thừa với  $\gamma=3.4$  và  $c=1$**

**2.2.4. Hàm khoảng tuyến tính - tuyến tính từng đoạn**

Các hàm khoảng tuyến tính được giới thiệu cụ thể như sau:

**Tăng độ tương phản**

Một trong hàm khoảng tuyến tính cơ bản nhất là hàm biến đổi tăng độ tương phản. Hình 2.10a chỉ ra chuyển đổi đặc trưng được sử dụng cho tăng độ tương phản. Vị trí  $(r_1, s_1)$  và  $(r_2, s_2)$  điều khiển hình dáng của hàm biến đổi này.



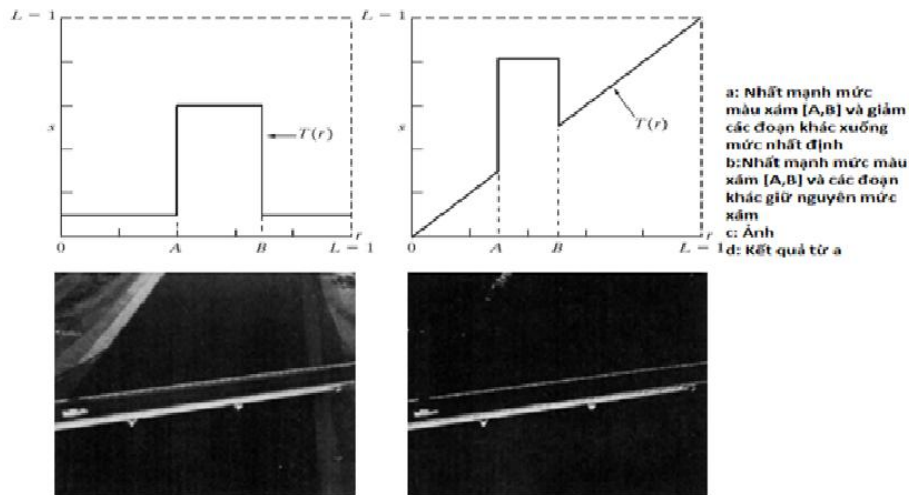
**Hình 2.10. Ảnh sử dụng tăng độ tương phản**

Nếu  $r_1=s_1$  và  $r_2=s_2$ , thì hàm biến đổi là hàm tuyến tính không làm thay đổi mức xám. Nếu  $r_1=r_2$ ,  $s_1=0$  và  $s_2=L-1$ , hàm biến đổi thành hàm phân ngưỡng tạo ra ảnh nhị phân như minh họa ở hình 2.2b. Giá trị trung gian của  $(r_1,s_1)$  và  $(r_2,s_2)$  cho ra một dải rộng mức xám của bức ảnh đầu ra, mặc dù ảnh hưởng đến độ tương phản của ảnh. Một cách tổng quát, giả sử  $(r_1 \leq r_2)$  và  $(s_1 \leq s_2)$  thì hàm này có giá trị đơn và là hàm đơn điệu tăng. Điều kiện này đảm bảo thứ tự mức xám, ngăn cản tạo ra độ nhòe ở bức ảnh đã được xử lý.

Hình 2.10b là ảnh 8bit ở mức tương phản thấp, hình 2.10c là kết quả khi giãn độ tương phản được thiết lập thông số  $(r_1,s_1)=(r_{min},0)$  và  $(r_1,s_1)=(r_{max},L-1)$  trong đó,  $r_{min}, r_{max}$  là các giá trị nhỏ nhất và lớn nhất của mức xám trên bức ảnh. Hình 2.10d là kết quả khi  $r_1 = r_2=m$ , là mức xám trung bình của ảnh. Ảnh gốc được sử dụng là ảnh của phân hoa được phóng đại gần 700 lần qua kính hiển vi điện tử

**Cắt theo mức xám**

Có nhiều phương pháp cắt lát mức xám, nhưng đều dựa trên 2 nền tảng cơ bản: Một là hiển thị một giá trị cao và một giá trị thấp của tất cả các mức xám trong dải, Hai là dựa trên hàm biến đổi hình 2.11b, làm sáng dải mong muốn của mức xám nhưng giữ nguyên phần nền và sắc xám của ảnh. Hình 2.11c đưa ra hình ảnh thang màu xám và hình 2.11d là kết quả áp dụng hàm biến đổi trong hình 2.11a. Những biến đổi của 2 hàm biến đổi trong hình 2.11 là để dàng lập công thức.

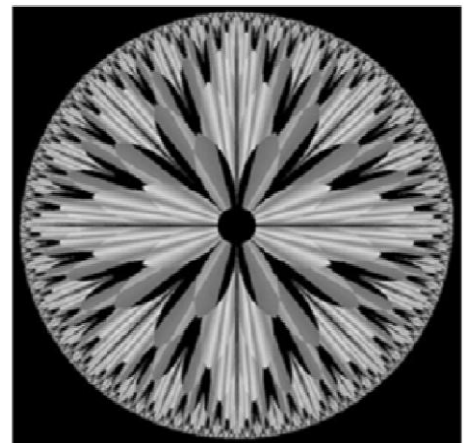
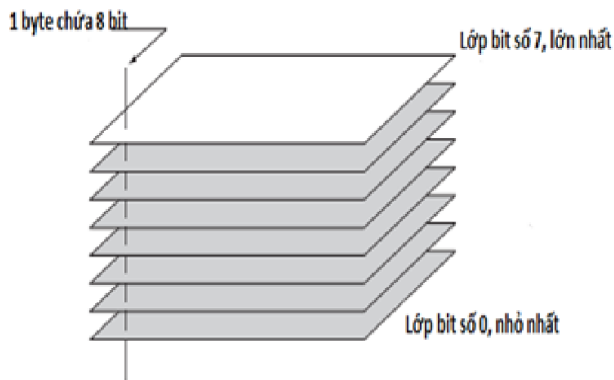


**Hình 2.11. Ảnh cắt theo mức xám**

**Cắt lát lớp điểm ảnh**

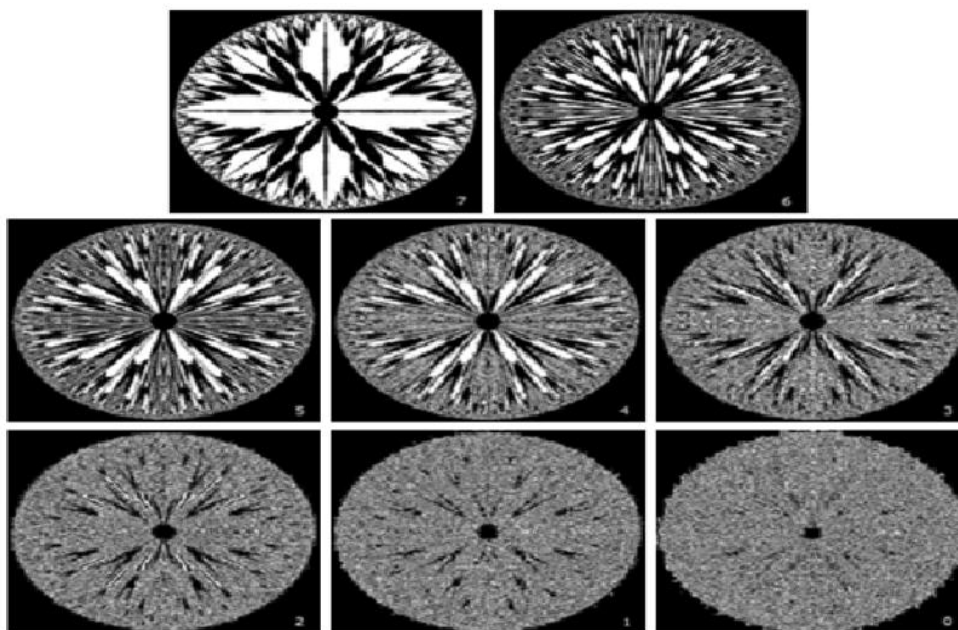
Thay vì làm nổi bật dải màu xám thì việc làm nổi bật những điểm ảnh trên toàn bộ bức ảnh có thể được xem xét. Giả sử mọi điểm ảnh trên bức ảnh được thể

hiện bằng 8 bit. Hãy hình dung bức ảnh được tạo thành từ những 8 lớp 1-bit, trải rộng từ lớp bit 0 – là bit nhỏ nhất tới lớp bit 7 – bit lớn nhất. Hình 2.12 mô tả lý thuyết này và hình 2.14 mô tả những lớp bit đa dạng cho bức ảnh ở hình 2.13. Chú ý rằng những bit có thứ tự cao hơn chứa phần lớn những dữ liệu hình ảnh đáng kể. Các lớp bit khác chứa những chi tiết phụ của bức ảnh. Chia ảnh ra thành nhiều điểm ảnh có tác dụng hữu ích trong việc phân tích tầm quan trọng của từng điểm ảnh. Quá trình xử lý sẽ giúp cho việc xác định vừa đủ số lượng điểm ảnh được dùng để lượng tử hóa



**Hình 2.12. Những lớp bit của 1 bức ảnh 8bit**

**Hình 2.13. Một ảnh 8bit**



**Hình 2.14. 8 lớp bit từ hình 2.13**

**2.3. Xử lý Histograms**

Lược đồ xám của một ảnh nằm trong khoảng  $[0,L-1]$  là một hàm có dạng:

$$h(r_k) = n_k,$$

trong đó,  $r_k$  là mức xám thứ  $k$ ,  $n_k$  là số điểm ảnh có mức xám  $r_k$ . Cách thức thông thường để chuẩn hóa lược đồ xám là chia từng giá trị cho tổng số điểm ảnh của bức ảnh, ký hiệu là  $n$ . Lược đồ chuẩn hóa được tính bằng công thức:

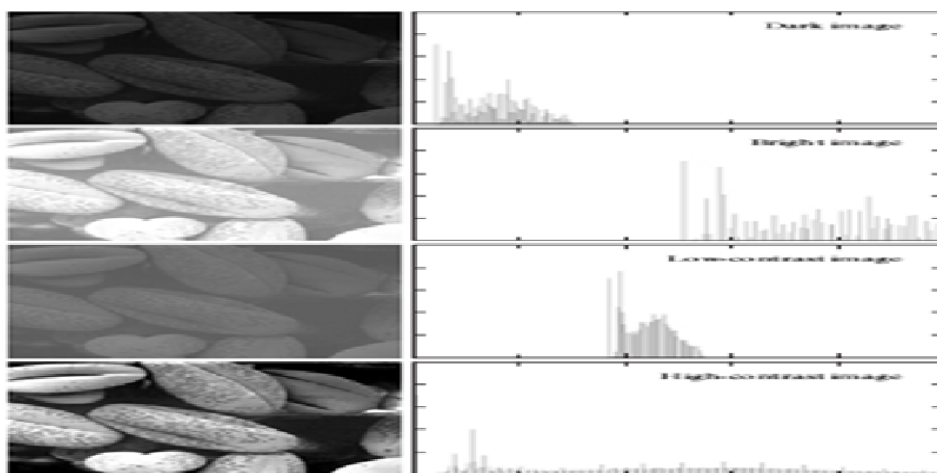
$$p(r_k) = n_k/n, \text{ với } k = 0, 1, 2, \dots, L-1$$

$p(r_k)$  là xác suất mong đợi mức xám  $r_k$ .

Chú ý, tổng các thành phần của lược đồ xám chuẩn có giá trị bằng 1.

Lược đồ xám là một công cụ hữu hiệu dùng trong nhiều công đoạn của xử lý ảnh như nâng cấp ảnh. Để rõ hơn về vai trò của quá trình xử lý lược đồ xám trong nâng cấp ảnh, trong hình 2.15 là ảnh nhụy hoa ở hình 2.10 được lược diễn bởi bốn mức xám cơ bản: tối, sáng, tương phản thấp, và tương phản cao.

Lược đồ xám cung cấp rất nhiều thông tin của ảnh. Nếu ảnh sáng, lược đồ xám nằm bên phải (mức xám cao), ngược lại nếu ảnh tối lược đồ xám nằm bên trái (mức xám thấp). Tóm lại, một bức ảnh mà các điểm ảnh có xu hướng phân bố trên một dải nhất định của thang màu xám, hơn nữa, được phân phối chuẩn sẽ xuất hiện độ tương phản cao và sẽ hiển thị đa dạng sắc màu xám.



**Hình 2.15: 4 kiểu ảnh cơ bản và đồ thị tương ứng**

**2.3.1. Hiệu chỉnh lược đồ**

Xem xét một hàm liên tục tại một điểm, đặt  $r$  là biến đại diện cho mức xám cần được tăng cường. Trước tiên, giả định là  $r$  được chuẩn hóa trong khoảng  $[0,1]$ , với  $r=0$  thể hiện màu đen và  $r=1$  là màu trắng. Sau đó chúng ta quan tâm đến hàm số và các giá trị điểm ảnh nằm trong khoảng  $[0,L-1]$

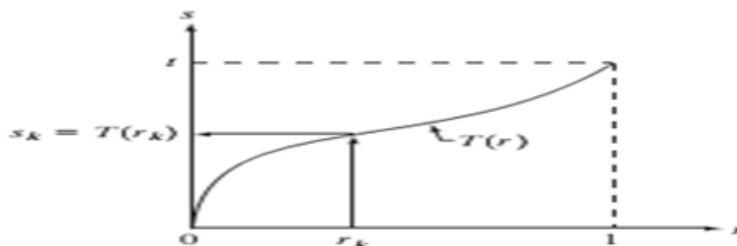
Với các điều kiện của  $r$ , phương trình chuyển đổi có dạng:

$$s = T(r), 0 \leq r \leq 1 \quad (2.3-1)$$

Hàm này cho kết quả là giá trị  $s$  tương ứng với giá trị  $r$  bất kỳ trên ảnh gốc. Với các điều kiện sau đây giả định là đúng về hàm  $T(r)$ .

- (a)  $T(r)$  là hàm đơn ánh và đồng biến trong khoảng  $r \in [0, 1]$ ,
- (b)  $0 \leq T(r) \leq 1$  tương ứng với  $0 \leq r \leq 1$

Hình 2.16 đưa ra 1 ví dụ thỏa mãn cả 2 điều kiện. Hàm ngược từ  $s$  tới  $r$  có dạng:

$$r = T^{-1}(s), 0 \leq s \leq 1 \quad (2.3-2)$$


**Hình 2.16: Hàm chuyển đổi thỏa mãn 2 điều kiện**

Mức xám của ảnh là những giá trị ngẫu nhiên trong khoảng  $[0, 1]$  được miêu tả bởi hàm mật độ xác suất. Đặt  $p_r(r)$  và  $p_s(s)$  lần lượt là hàm mật độ xác suất của các biến ngẫu nhiên  $r$  và  $s$ . Từ lý thuyết xác suất cơ bản,  $p_r(r)$  và  $T(r)$  đã cho và hàm ngược  $T^{-1}(s)$  thỏa mãn điều kiện (a), thì hàm mật độ xác suất  $p_s(s)$  có dạng đơn giản như sau

$$P_s(s) = p_r(r) \left| \frac{dr}{ds} \right| \quad (2.3-3)$$

Hàm biến đổi có tính quan trọng trong xử lý ảnh có dạng

$$s = T(r) = \int_0^r p_r(w) dw \quad (2.3-4)$$

Trong đó,  $w$  là biến ảo. Vế phải của công thức trên có dạng của hàm phân phối cộng dồn của biến ngẫu nhiên  $r$ . Từ hàm biến đổi  $T(r)$  cho trước, ta tìm được  $p_s(s)$  bằng cách áp dụng công thức 2.3-3. Đạo hàm của một tích phân xác định được tính:

$$\begin{aligned} \frac{ds}{dr} &= \frac{dT(r)}{dr} \\ &= \frac{d}{dr} \left[ \int_0^r p_r(w) dw \right] \\ &= p_r(r). \end{aligned} \tag{2.3-5}$$

Thay vào công thức 2.3-3, và với giá trị xác suất luôn dương, ta có kết quả:

$$\begin{aligned} p_s(s) &= p_r(r) \left| \frac{dr}{ds} \right| \\ &= p_r(r) \left| \frac{1}{p_r(r)} \right| \\ &= 1 \quad 0 \leq s \leq 1. \end{aligned} \tag{2.3-6}$$

Vì  $p_s(s)$  là hàm mật độ xác suất, kéo theo giá trị 0 phải nằm ngoài khoảng  $[0,1]$  vì tích phân của tất cả giá trị của  $s$  phải bằng 1. Ta nhận thấy hàm  $p_s(s)$  trong công thức 2.3-6 như là một hàm mật độ xác suất đơn điệu. Tóm lại, hàm biến đổi ở công thức 2.3-4 cho ra một biến ngẫu nhiên  $s$  được mô tả bởi hàm mật độ xác suất đơn điệu. Từ công thức 2.3-4 ta chú ý rằng  $T(r)$  phụ thuộc vào  $p_r(r)$ , nhưng từ công thức 2.3-6 thì  $p_s(s)$  luôn luôn đơn điệu và độc lập với  $p_r(r)$ .

Với các giá trị rời rạc, ta tính xác suất và tổng của chúng thay vì sử dụng hàm mật độ xác suất và tích phân. Xác suất xảy ra mức xám  $r_k$  tính gần bằng với

$$p_r(r^k) = \frac{n_k}{n} \quad k=0,1,2,\dots,L-1 \tag{2.3-7}$$

Trong đó,  $n$  là tổng số điểm ảnh trên bức ảnh,  $n_k$  là số điểm ảnh có mức màu xám  $r_k$ , và  $L$  là tổng số mức xám có thể có trên bức ảnh. Từ công thức 2.3-4 ta có công thức rời rạc của hàm biến đổi

$$\begin{aligned} s_k = T(r_k) &= \sum_{j=0}^k p_r(r_j) \\ &= \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n} \quad k = 0, 1, 2, \dots, L - 1. \end{aligned} \tag{2.3-8}$$

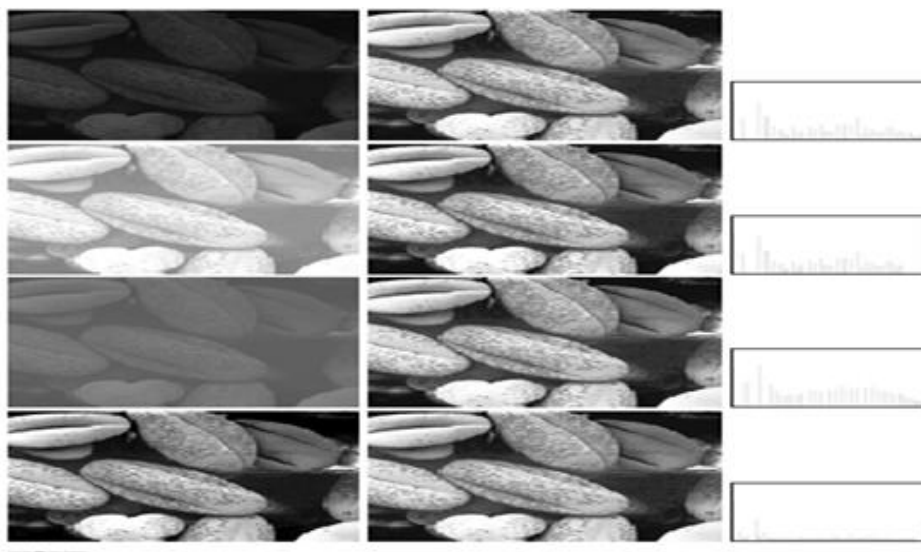
Dù ảnh đầu ra được tạo ra bằng cách ánh xạ từng điểm với mức xám  $r_k$  trên ảnh đầu vào chuyển thành điểm ảnh tương ứng với mức màu  $s_k$  ở ảnh đầu qua công thức 2.3-8. Ta có đồ thị của  $p_r(r_k)$  và  $r_k$  gọi là lược đồ. Chuyển đổi ánh xạ qua công

thức 2.3-8 gọi là điều chỉnh lược đồ hay tiến hóa lược đồ. Với một bức ảnh cho trước, xử lý điều chỉnh lược đồ đơn giản là việc thực thi công thức 2.3-8, dựa vào những thông tin được lấy trực tiếp từ bức ảnh này mà không cần thêm một tham số nào khác.

Hàm biến đổi ngược từ  $s$  về  $r$ :

$$r_k = T^{-1}(s_k) \quad k = 0, 1, 2, \dots, L - 1 \quad (2.3-9)$$

Hàm biến đổi ngược trong công thức 2.3-9 thỏa mãn 2 điều kiện (a) và (b), khi và chỉ khi không có mức xám,  $r_k, k=0, 1, 2, \dots, L-1$  bị mất từ ảnh đầu vào. Dù hàm biến đổi ngược không được sử dụng cho việc điều chỉnh lược đồ nhưng đóng vai trò quan trọng trong mô hình kết hợp lược đồ

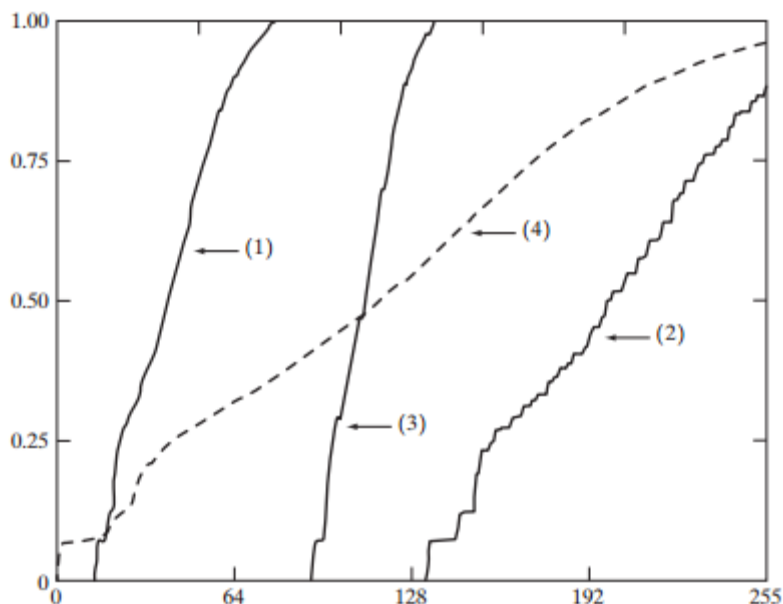


**Hình 2.17. a: ảnh từ hình 2.15, b: ảnh điều chỉnh biểu đồ, c: biểu đồ tương ứng**

Hình 2.17a hiển thị 4 ảnh từ hình 2.15 và hình 2.17b hiển thị kết quả thực hiện điều chỉnh lược đồ của những bức ảnh này. Ba kết quả đầu cho thấy ảnh được nâng cao chất lượng vượt bậc. Điều chỉnh lược đồ không mang lại thay đổi hiệu quả cho bức ảnh thứ 4 vì lược đồ phủ gần như toàn dải thanh màu xám. Hàm biến đổi được sử dụng để tạo ra những hình ảnh trong hình 2.17b được thấy ở hình 2.18. Những hàm này được tạo ra từ những lược đồ của bức ảnh gốc (hình 2.15) sử dụng công thức 2.3-8. Chú ý rằng hàm biến đổi (4) có hình dạng tuyến tính cơ bản, lại chỉ ra rằng mức xám của bức ảnh gốc thứ 4 gần như là được phân phối đều.

Lược đồ bức ảnh đã điều chỉnh ở hình 2.17c. Cần chú ý rằng, dù những lược đồ này là khác nhau, nhưng ảnh được điều chỉnh khá giống nhau. Điều này là bình

thường vì sự khác nhau giữa các bức ảnh là độ tương phản, không phải nội dung của bức ảnh.



**Hình 2.18. Hình sử dụng hàm biến đổi**

**2.3.2. Kết hợp lược đồ**

Điều chỉnh lược đồ tự xác định hàm biến đổi để bức ảnh đầu ra có một lược đồ độc lập. Đây là phương thức hợp lý khi tự động tăng cường được áp dụng vì phương pháp này dễ thực hiện và đoán trước được kết quả.

**Phương pháp phát triển**

Ta có,  $r$  là mức xám liên tục và  $z$  là biến ngẫu nhiên liên tục, đặt  $p_r(r)$  và  $p_z(z)$  lần lượt là các hàm mật độ xác suất tương ứng,  $r$  và  $z$  lần lượt là mức xám đầu trên ảnh gốc và ảnh sửa đổi. Hàm  $p_r(r)$  có được từ ảnh gốc và  $p_z(z)$  là hàm có được từ ảnh đã điều chỉnh.

Đặt  $s$  là biến ngẫu nhiên, và  $s$  được xác định:

$$s = T(r) = \int_0^r p_r(w) dw \tag{2.3-10}$$

Trong đó,  $w$  là biến ảo. và công thức này giống với công thức hàm 2.3-4. Giả định tiếp, đặt  $z$  là biến ngẫu nhiên, ta có



$$G(z) = \int_0^z p_z(t) dt = s \tag{2.3-11}$$

Trong đó,  $t$  là biến ảo. Từ 2 phương trình trên ta có  $G(z) = T(r)$  và theo đó,  $z$  phải thỏa mãn điều kiện

$$G(z) = \int_0^z p_z(t) dt = s \tag{2.3-12}$$

Hàm biến đổi  $T(r)$  từ công thức 2.3-10 có được khi  $p_r(r)$  là hàm mật độ xác suất của ảnh gốc. Tương tự ta có  $G(z)$  có được từ hàm  $p_z(z)$  đã cho.

Giả định  $G^{-1}$  tồn tại và thỏa mãn 2 điều kiện a b, thì công thức 2.3-10,11,12 chỉ cho thấy rằng bức ảnh với hàm mật độ xác suất được chi tiết có thể được tạo ra từ bức ảnh gốc theo các bước sau:

1. Tạo hàm  $T(r)$  bằng cách sử dụng công thức 2.3-10
2. sử dụng 2.3-11 để tạo ra hàm biến đổi  $G(z)$
3. Lập hàm biến đổi nghịch đảo
4. Tạo ra ảnh đầu ra bằng cách áp dụng công thức 2.3-12

Kết quả sẽ tạo ra bức ảnh có mức xám  $z$  phân phối theo hàm phân phối xác suất chi tiết.

Mặc dù, các bước trên thực hiện theo nguyên tắc, nhưng trong thực tế, thì khó có thể lập ra được hàm  $T(r)$  và  $G^{-1}$ . Vấn đề này có thể được xử lý dễ dàng hơn với các biến rời rạc, đổi lại chúng ta chỉ có thể tạo ra được lược đồ với mức độ gần như mong đợi.

Công thức áp dụng cho biến rời rạc của hàm 2.3-10 từ công thức 2.3-8:

$$\begin{aligned} s_k &= T(r_k) = \sum_{j=0}^k p_r(r_j) \\ &= \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n} \quad k = 0, 1, 2, \dots, L - 1 \end{aligned} \tag{2.3-13}$$

Trong đó,  $n$  là tổng số điểm ảnh,  $n_j$  là số điểm ảnh có màu xám  $r_j$  và  $L$  là số màu xám rời rạc. Tương tự ta có công thức áp dụng rời rạc từ công thức 2.3-11 được tạo ra từ  $p_z(z_i)$ ,  $i=0,1,2,\dots,L-1$

$$v_k = G(z_k) = \sum_{i=0}^k p_z(z_i) = s_k \quad k = 0, 1, 2, \dots, L - 1. \quad (2.3-14)$$

Như trong trường hợp biến liên tục, ta tìm giá trị  $z$  thỏa mãn phương trình. Biến  $v_k$  sẽ được đề cập sau. Công thức 2.3-12 áp dụng cho biến rời rạc

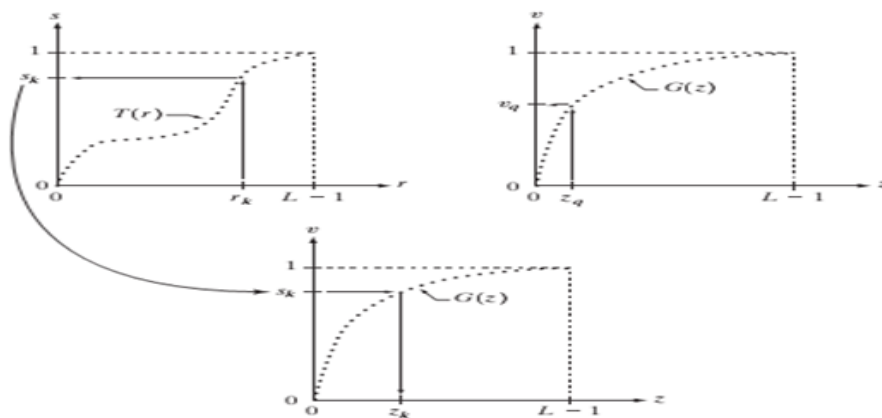
$$z_k = G^{-1}[T(r_k)] \quad k = 0, 1, 2, \dots, L - 1 \quad (2.3-15)$$

Và từ công thức 2.3-13

$$z_k = G^{-1}(s_k) \quad k = 0, 1, 2, \dots, L - 1. \quad (2.3-16)$$

từ công thức 2.3-13 đến 2.3-16 là nền tảng cho tức hiện ghép nối lược đồ. Công thức 2.3-13 là ánh xạ từ mức xám ở ảnh gốc sang mức xám tương ứng  $s_k$ . Công thức 2.14 tính toàn hàm biến đổi  $G$  từ biểu đồ cho trước  $p_z(z)$ , và công thức 2.3-15 và 2.3-16 cho ra bức ảnh mong muốn kèm theo lược đồ của nó.

Từ hình 2.3-19, ta thấy kết nối lược đồ được thực hiện như thế nào. Từ hình 2.3-19a, ta có hàm biến đổi giả định  $s=T(r)$ . mức xám  $r_1$ , ánh xạ sang  $s_1, \dots$ , mức xám thứ  $k$  ánh xạ sang  $s_k$ .



**Hình 2.19.a: ánh xạ từ  $r_k$  sang  $s_k$  qua  $T(r)$ , b: tự ánh xạ của  $z_q$**

**c: ánh xạ ngược từ  $s_k$  tới  $z_k$**

Tiếp tục thực hiện công việc như miêu tả, ta có được bức ảnh đã điều chỉnh lược đồ theo công thức 2.3-8.

Để kết nối lược đồ, ta cần thực hiện thêm 1 bước. Hình 2.3.19b là hàm biến đổi giả định  $G$  từ lược đồ cho trước  $p_z(z)$  bằng cách sử dụng công thức 2.3-14. Với  $z_q$  bất kỳ, qua hàm biến đổi này ta có được giá trị  $v_q$  tương ứng. Ngược lại với bất kỳ giá trị  $v_q$  ta tìm được giá trị  $z_q$  thông qua hàm ngược  $G^{-1}$ . Theo công thức 2.3-14 ta có  $v=s$ , do vậy có thể từ  $s_k$  có thể tìm được giá trị  $z_k$  tương ứng, mà giá trị  $s_k$  đã được tính toán qua hàm  $s_k=T(r_k)$ . từ đó ta có hình 2.3-19c.

Vì chúng ta chưa có giá trị  $z$ , nên chúng ta tìm  $z$  từ  $s$ . Về cơ bản vì  $v_k=s_k$ , từ công thức 2.3-14 ta tìm được giá trị  $z$  qua công thức  $G(z_k)=s_k$  hay  $G(z_k) - s_k=0$ . Chúng ta phải tìm giá trị  $z_k$  tương ứng với  $s_k$  với các giá trị  $k=0,1,2,\dots,L-1$ . Điều này giống trong công thức 2.3-16. Vì đây là các số nguyên nên để thỏa mãn phương trình  $G(z_k) - s_k=0$  bằng cách đặt  $z_k=\hat{z}$  cho từng giá trị của  $k$ , trong đó  $\hat{z}$  là giá trị nguyên nhỏ nhất trong đoạn  $[0,L-1]$ , ta có:

$$(G(\hat{z}) - s_k) \geq 0 \quad k = 0, 1, 2, \dots, L - 1. \quad (2.3-17)$$

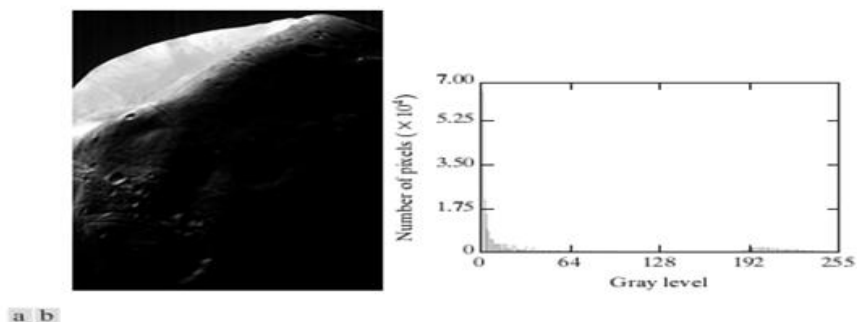
Với giá trị  $s_k$  cho trước, từ hình 2.3-19c ta bắt đầu với  $\hat{z}=0$ , và tăng dần theo thứ tự cho đến khi công thức 2.3-17 thỏa mãn khi đó  $z_k=\hat{z}$ . Lặp lại quá trình này cho tất cả các giá trị của  $k$  để tìm được ánh xạ theo yêu cầu từ  $s$  tới  $z$  bằng cách áp dụng công thức 2.3-16. Trong thực tế, không cần phải bắt đầu từ giá trị  $\hat{z}=0$  vì giá trị  $s_k$  tăng một cách đơn điệu. Với  $k=k+1$ , ta có thể bắt đầu với  $\hat{z}=z_k$  và tăng dần theo giá trị nguyên.

Tóm tắt cách thức để thực hiện kết nối lược đồ:

1. Tạo lược đồ từ ảnh gốc
2. Sử dụng công thức 2.3-13 để tính trước mức ánh xạ  $s_k$  cho từng giá trị  $r_k$ .
3. Tạo hàm biến đổi  $G$  từ hàm  $p_z(z)$  cho trước bằng cách áp dụng công thức 2.3-14
4. Tính trước giá trị  $z_k$  cho từng giá trị của  $s_k$  bằng các sử dụng mô hình lặp lại của công thức 2.3-17
5. Với từng điểm ảnh trên ảnh gốc, nếu giá trị của điểm ảnh đó là  $r_k$ , ánh xạ giá trị này có được  $s_k$  tương ứng, sau đó ánh xạ  $s_k$  để tìm giá trị  $z_k$ . Sử dụng những giá trị được tính trong bước 2 và 4 cho những loại ánh xạ này.

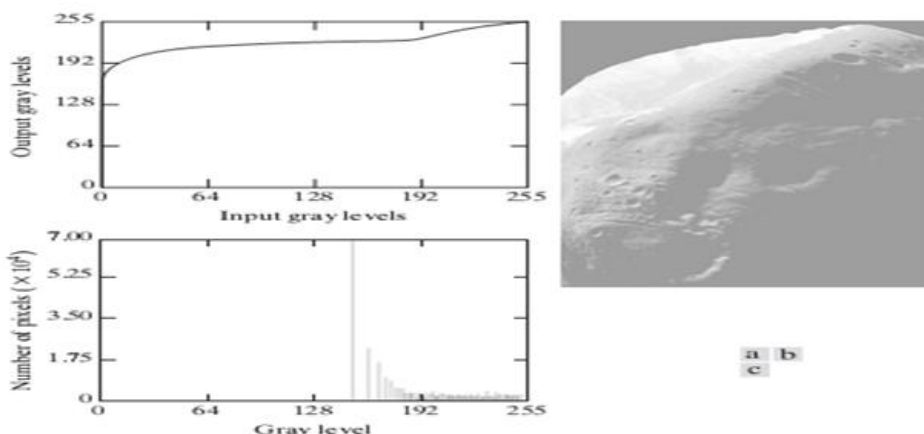
Lưu ý, trong bước 5, phải thực hiện 2 ánh xạ cho từng điểm ảnh. Ánh xạ đầu tiên để tìm điều chỉnh lược đồ, nếu không cần thiết thì có thể bỏ qua ánh xạ

này. Cuối cùng, cả trong trường hợp các biến rời rạc, hàm đảo  $G^{-1}$  phải thỏa mãn 2 điều kiện a và b.



**Hình 2.20. Hình ảnh và lược đồ mặt trăng ở sao Hỏa**

Hình 2.20a là ảnh của mặt trăng ở sao hỏa, Phobos, chụp bởi máy thăm dò sao Hỏa của NASA, hình 2.20b là lược đồ cho thấy bức ảnh có vùng tối rất lớn. Đầu tiên ta sử dụng phương pháp điều chỉnh lược đồ cho bức ảnh này để có thể nhìn rõ vùng tối hơn.



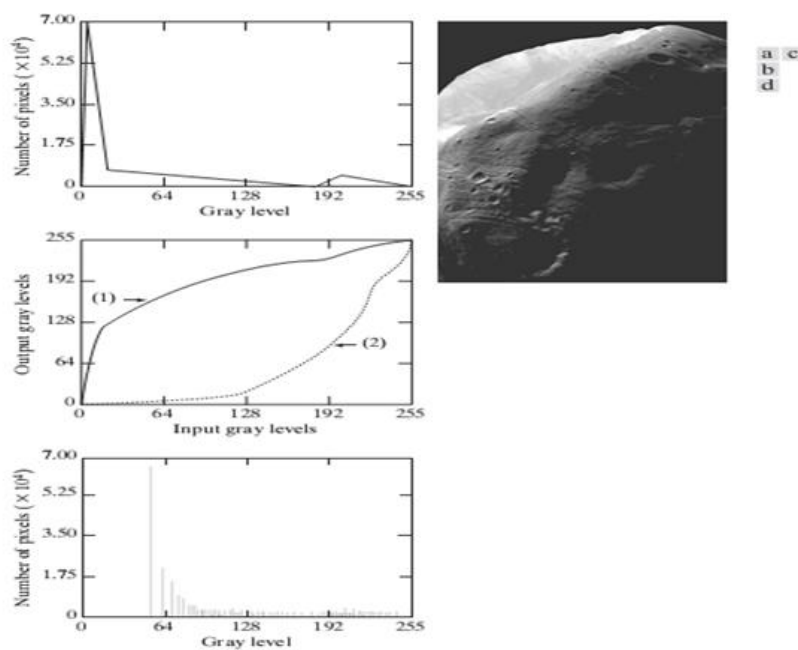
**Hình 2.21. a: chuyển đổi mức xám cho biểu đồ điều chỉnh**

**b: ảnh sau khi thực hiện điều chỉnh**

**c: biểu đồ của ảnh sau khi điều chỉnh**

Hình 2.21a là ảnh đã điều chỉnh lược đồ và mức xám đã điều chỉnh tăng từ 0 đến 190 vì trong bức ảnh gốc, phần lớn các điểm ảnh có giá trị mức xám gần bằng 0. Khi áp dụng chuyển đổi mức xám, thì các giá trị trong vùng có điểm ảnh tối được ánh xạ tới mức giá trị lớn hơn. Và bởi vì phần lớn các điểm ảnh đều có mức xám thấp nên bức ảnh cuối cùng sáng quá và mờ. Trong hình 2.21b và lược đồ ở hình 2.21c cho thấy sự phân bố của các mức xám nằm ở nửa trên của thang màu. Trong trường hợp

này, vì phần lớn các giá trị điểm ảnh đều nằm ở mức rất thấp, gần bằng 0, nên phương thức áp dụng điều chỉnh lược đồ chưa đạt kết quả mong muốn. Hình 2.22a là lược đồ chi tiết làm thủ công để giữ nguyên lược đồ gốc, chỉ điều chỉnh những màu xám trong vùng tối. Lấy đặc trưng này áp dụng với 256 giá trị rời rạc sẽ cho ra 1 lược đồ mong muốn. Áp dụng công thức 2.3-14, Hàm biến đổi  $G(z)$  được thành lập từ lược đồ này gọi là hàm biến đổi đánh dấu (1), hình 2.22b. Tương tự, hàm biến đổi nghịch đảo  $G^{-1}(s)$  từ công thức 2.3-16 là hàm biến đổi đánh dấu (2) trong hình 2.22b. Khi so sánh 2 bức ảnh, ta thấy được sự cải thiện hình ảnh mà lược đồ điều chỉnh chi tiết. Hình 2.22 c và d, cho thấy đặc tính khác nhau nhất của lược đồ này khi đường thấp dịch chuyển lên trên vùng sáng hơn của thang màu xám.

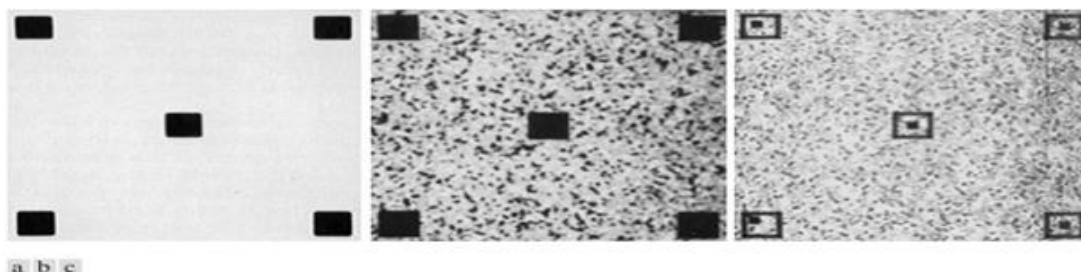


**Hình 2.22. a: biểu đồ chi tiết, b: đường cong 1 khi sử dụng biểu đồ a, đường cong 2 khi áp dụng công thức 2.3-17, c: ảnh kết quả sử dụng đường cong 2, d: biểu đồ của ảnh c**

**2.3.3. Nâng cấp ảnh theo toán tử vùng**

Những phần trước chúng ta đề cập vấn đề xử lý lược đồ trên cả một bức ảnh. Mặc dù phương pháp này khá thích hợp cho nâng cấp tổng quan cả bức ảnh, nhưng trong nhiều trường hợp thì chỉ cần nâng cấp một vùng nhỏ trên bức ảnh. Số lượng điểm ảnh trên vùng này sẽ không ảnh hưởng đến phần còn lại của bức ảnh. Ý tưởng là tạo ra hàm chuyển đổi dựa trên sự phân bố mức xám hoặc các thành phần khác trên vùng lân cận của mọi điểm ảnh. Phương pháp xử lý là định nghĩa một mặt nạ

vuông hoặc chữ nhật và di chuyển điểm trung tâm từ điểm ảnh này đến điểm ảnh khác. Tại mỗi vị trí, lược đồ các điểm trong vùng đánh dấu được tính toán và hàm chuyển đổi lược đồ điều chỉnh hoặc hàm chuyển đổi lược đồ chi tiết sẽ được sử dụng. Hàm này được dùng để ánh xạ mức xám của điểm ảnh mà nó được đánh dấu là trung tâm của vùng. Khu vực trung tâm sẽ di chuyển đến vị trí điểm ảnh tiếp theo và quy trình được lặp lại. Phương pháp này có ưu điểm là việc tính toán lược đồ được lặp liên tục khi di chuyển đến một điểm ảnh mới.



**Hình 2.23. a: ảnh gốc, b: ảnh áp dụng điều chỉnh toàn bộ, c: ảnh đã điều chỉnh biểu đồ sử dụng vùng vuông 7X7 cho từng điểm ảnh**

Hình 2.23a là ảnh hơi bị mờ. Hình 2.23b là ảnh được điều chỉnh lược đồ, kỹ thuật này thường được áp dụng để làm mịn ảnh. Hình 2.23b là vùng ảnh bị nhiễu khi tăng mức tương phản. Lưu ý: không có một chi tiết nào được làm mới khi áp dụng phương pháp này. Điều chỉnh lược đồ vùng cho mặt nạ vuông 7x7 chọn làm đại diện của những vùng vuông nhỏ trong vùng tối lớn. Những vùng vuông nhỏ này có mức xám gần với mức xám của vùng lớn và kích cỡ lại quá nhỏ để ảnh hưởng tới điều chỉnh lược đồ của cả bức ảnh. Hình 2.23c, ảnh vùng nhiễu đã được làm mịn hơn là kết quả của xử lý cũng sử dụng cho các vùng vuông nhỏ.

#### **2.3.4 Sử dụng thống kê lược đồ cho tăng cường chất lượng ảnh.**

Thay vì sử dụng các lược đồ ảnh trực tiếp để tăng cường chất lượng ảnh, chúng ta có thể sử dụng vài biến thống kê có thể lấy được từ lược đồ. Đặt  $r$  là biến rời rạc ngẫu nhiên có mức xám rời rạc trong khoảng  $[0, L-1]$  và  $p(r_i)$  là hàm biểu đồ chuẩn hóa tương ứng cho giá trị thứ  $i$  của  $r$ . Mômen  $n$  của  $r$  được định nghĩa là

$$\mu_n(r) = \sum_{i=0}^{L-1} (r_i - m)^n p(r_i) \tag{2.3-18}$$

Trong đó  $m$  là giá trị trung bình của  $r$  (giá trị mức xám trung bình):

$$m = \sum_{i=0}^{L-1} r_i p(r_i). \tag{2.3-19}$$

Từ công thức 2.3-18 và 2.3-19 ta có  $\mu_0=1$  và  $\mu_1=0$ , mômen thứ 2 được định nghĩa là:

$$\mu_2(r) = \sum_{i=0}^{L-1} (r_i - m)^2 p(r_i). \tag{2.3-20}$$

Trong công thức này, ta có phương sai của  $r$  được định nghĩa là  $\sigma^2(r)$ , và độ lệch chuẩn được tính bằng căn bậc 2 của phương sai. Có 2 cách sử dụng giá trị trung bình và phương sai trong nâng cao chất lượng ảnh. Giá trị trung bình và phương sai toàn bộ bức ảnh sử dụng để đo lường cho một bức ảnh bất kỳ và rất hữu dụng cho chỉnh sửa cường độ và mức tương phản cho bức ảnh. Cách thứ 2 phổ biến hơn là sử dụng nâng cao chất lượng ảnh cho vùng đánh dấu. Giá trị trung bình và phương sai vùng được sử dụng như những thứ cơ bản để thay đổi những tính chất của ảnh cho từng điểm ảnh của vùng đánh dấu.

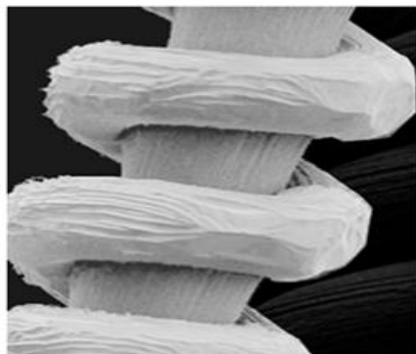
Đặt  $(x,y)$  là tọa độ của điểm ảnh và  $S_{xy}$  là vùng đánh dấu có tâm là  $(x,y)$ , từ công thức 2.3-19, giá trị trung bình  $m_{S_{xy}}$  được tính theo công thức:

$$m_{S_{xy}} = \sum_{(s,t) \in S_{xy}} r_{s,t} p(r_{s,t}) \tag{2.3-21}$$

Trong đó  $r_{s,t}$  là mức xám tại tọa độ  $(s,t)$  và  $p(r_{s,t})$  là giá trị lược đồ tiêu chuẩn của vùng đánh dấu tương ứng với giá trị màu xám tại tọa độ  $r_{s,t}$ . Tương tự, từ công thức 2.3-20, phương sai mức xám của vùng  $S_{xy}$  là:

$$\sigma_{S_{xy}}^2 = \sum_{(x,t) \in S_{xy}} [r_{s,t} - m_{S_{xy}}]^2 p(r_{s,t}). \tag{2.3-22}$$

Giá trị trung bình vùng là đơn vị đo mức xám trung bình của vùng  $S_{xy}$  và phương sai hay độ lệch chuẩn đo mức tương phản của vùng đánh dấu.



**Hình 2.24: ảnh sợi tóc bóng đèn có độ phóng đại 130X**

Hình 2.24 là ảnh quét bằng kính hiển vi điện tử của dây tóc bóng đèn được bọc lớp bảo vệ. Phần dây tóc bóng đèn ở trung tâm bức ảnh và phần bảo vệ có thể xem xét dễ dàng. Chúng ta muốn xem xét cấu trúc tóc bóng đèn nằm ở vùng tối bên phải của bức ảnh. Trong trường hợp này, nhiệm vụ là tăng cường chất lượng ảnh cho vùng tối mà các phần còn lại phải giữ nguyên. Xét điểm ảnh tại tọa độ  $(x,y)$  là điểm cần tăng cường nếu  $\sigma_{s,xy} \leq k_2 D_G$ , trong đó:  $D_G$  là độ lệch chuẩn của toàn bức ảnh,  $k_2$  là hằng số dương,  $k_2 > 1$  nếu vùng cần tăng cường là sáng,  $k_2 < 1$  nếu là tối

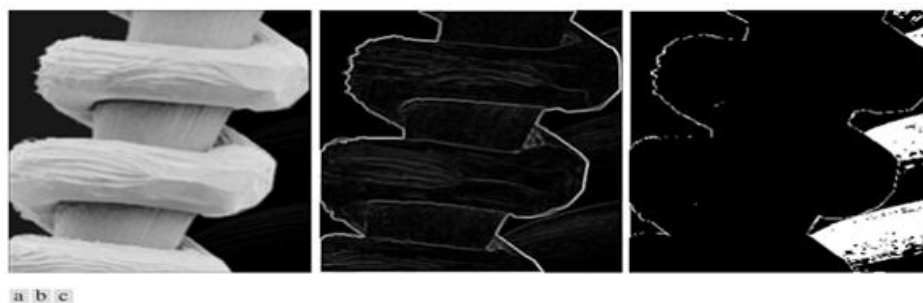
Tóm tắt phương pháp xử lý như sau: đặt  $f(x,y)$  là giá trị điểm ảnh tại tọa độ  $(x,y)$  bất kỳ và  $g(x,y)$  là giá trị điểm ảnh sau tăng cường. Ta có:

$$g(x, y) = \begin{cases} E \cdot f(x, y) & m_{s,xy} \leq k_0 M_G \text{ AND } k_1 D_G \leq \sigma_{s,xy} \leq k_2 D_G \\ f(x, y) & \end{cases}$$

Trong đó,  $E$ ,  $k_0, k_1$  và  $k_2$  là những tham số được xác định.  $M_G$  là giá trị mức xám trung bình của ảnh gốc,  $D_G$  là giá trị độ lệch chuẩn mức xám của ảnh gốc.

Thông thường, chọn được đúng các giá trị tham số cần phải tiến hành thử nghiệm trước để tìm được thông số phù với bức ảnh gốc. Trong trường hợp này, giá trị các tham số được chọn là:  $E=4.0, k_0=0.4, k_1=0.02$  và  $k_2=0.4$ . Giá trị tham số  $E=4$  vì khi nhân  $E$  với mức xám của vùng ảnh, kết quả là vùng tối của ảnh càng sáng hơn và có thể giữ mức cân bằng cho bức ảnh,  $k_0$  nhỏ hơn một nửa giá trị trung bình màu xám của toàn bức ảnh vì khi nhìn vào bức ảnh vùng cần tăng cường chắc chắn tối vừa đủ so với nửa dưới của giá trị trung bình mức xám của toàn bức ảnh. Với phân tích tương tự với  $k_1, k_2$ . Cuối cùng cần phải chọn kích cỡ của vùng ảnh nhỏ nhất có thể để đảm bảo cho việc tính toán được thuận lợi. Chúng ta chọn vùng có cỡ  $3 \times 3$ .





**Hình 2.25. a: ảnh gốc, b:bức ảnh có được khi áp dụng công thức 2.3-22**

Hình 2.25a là ảnh có giá trị mức xám  $m_{Sxy}$  cho tất cả các vị trí  $(x,y)$ . Vì giá trị  $m_{Sxy}$  cho từng vị trí  $(x,y)$  là giá trị trung tâm của vùng vuông cỡ  $3 \times 3$  có tâm là  $(x,y)$ . Kết quả nhận được là ảnh giống như ảnh gốc nhưng hơi mờ. Hình 2.25b là ảnh khi sử dụng các giá trị của  $\sigma_{Sxy}$ . Tương tự, cần xây dựng hình ảnh có các giá trị nhân với  $f(x,y)$  để tạo ra  $g(x,y)$ . Vì các giá trị có thể là 1 hoặc E, nên Hình 2.25c là ảnh nhị phân. Vùng tối ứng với 1 và vùng sáng ứng với giá trị E. Tại bất kỳ điểm sáng nào trong hình 2.25c có tọa độ  $(x,y)$  tại tọa độ này giá trị E nhân với  $f(x,y)$  để cho ra điểm ảnh được tăng cường. Điểm ảnh tối vì quá trình xử lý này không xảy ra. Ảnh được tăng cường do áp dụng phương pháp trên ở hình 2.26. So sánh với ảnh gốc, chúng ta thấy rõ hình ảnh nằm ở bên phải của bức ảnh đã xử lý. Và những phần còn lại được giữ nguyên so với bức ảnh gốc. Những điểm sáng nhỏ nằm ở vùng tối chỗ giao nhau của vòng cuộn với lớp bảo vệ và ở vùng biên giữa sợi tóc bóng đèn và nền. Đây là hiệu ứng không mong muốn khi áp dụng kỹ thuật này.

#### 2.4. Nâng cao chất lượng ảnh sử dụng toán tử logic và số học

Có hai nhóm thao tác đại số áp dụng lên ảnh là: số học và logic. Thao tác logic thực hiện trên từng điểm ảnh, bao gồm: AND, OR, NOT. Để sử dụng toán tử logic trên thang màu xám của ảnh, thì các giá trị điểm ảnh cần phải chuyển về chuỗi giá trị nhị phân. Ví dụ, thực hiện toán tử NOT cho màu đen, điểm ảnh 8-bit (một chuỗi 8 số 0) cho ra một điểm ảnh màu trắng (11111111). Toán tử logic NOT thực hiện giống với hàm chuyển đổi âm 2.2-1. Toán tử AND và OR được sử dụng trong làm mặt nạ. Hình 2.27 là ví dụ về vấn đề này. Trong những phần mặt nạ che khuất của ảnh AND và OR, màu sáng là nhị phân 1, và màu tối là 0. Mặt nạ – masking còn được gọi là xử lý vùng lợi ích. Toán tử logic thường được dùng với các toán tử hình thái học.

Trong 4 phép tính toán học, phép trừ và cộng thường được sử dụng trong nâng cao chất lượng ảnh. Ta chia 2 bức ảnh một cách đơn giản bằng cách nhân một hình ảnh với nghịch đảo một hình ảnh khác. Bỏ qua toán tử nhân một hình ảnh với 1

hằng số để tăng mức xám trung bình, thì phép nhân ảnh sử dụng trong nâng cao chất lượng ảnh trở nên phổ biến hơn phương pháp masking logic ở phần trên.

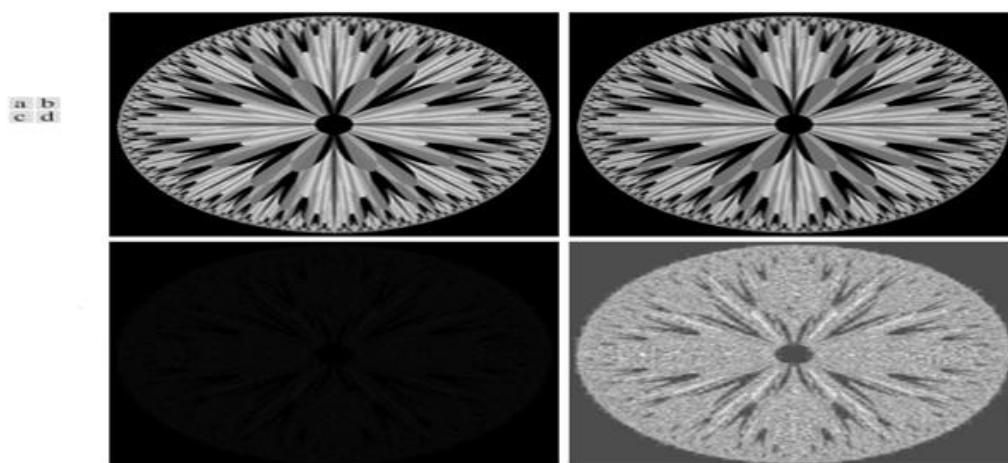
*Chú ý: Với 2 biến nhị phân a và b, a AND b = 1 khi cả a = b = 1, nếu không thì kết quả là 0, tương tự kết quả a OR b = 0 khi cả a = b = 0, nếu không thì kết quả bằng 1. Cuối cùng, a = 1, NOT a cho kết quả là 0 và ngược lại*

**2.4.1. Toán tử trừ hình ảnh**

Sự khác nhau giữa 2 điểm ảnh  $f(x,y)$  và  $h(x,y)$  là:

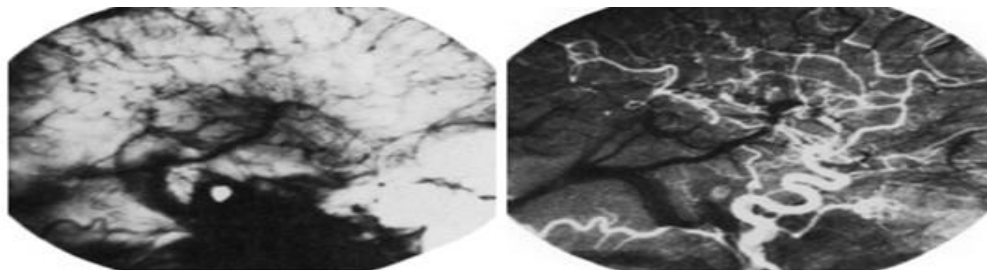
$$g(x, y) = f(x, y) - h(x, y), \tag{2.4-1}$$

Công thức trên được áp dụng để tính toán sự khác nhau giữa những cặp điểm tương ứng. Điều quan trọng của phép trừ hai ảnh là nó làm tăng sự khác nhau giữa 2 bức ảnh. Như đã biết, lớp có số thứ tự bit cao chứa một lượng lớn những thông tin hình ảnh quan trọng, còn lớp bit còn lại chứa thông tin về các chi tiết mịn. Hình 2.26a là hình ảnh có dạng gấp khúc được dùng để miêu tả lý thuyết lớp bit ở phần trước. Hình 2.26b là hình đã bỏ đi 4 lớp bit quan trọng nhất trên hình gốc, hình 2.26a có kết quả gần như hình gốc nhưng đường nét trong hình hơi vỡ vì có ít giá trị màu xám hơn so với hình gốc. Vì sự chênh lệch giá trị của từng điểm ảnh trên 2 bức ảnh là rất nhỏ nên kết quả hình 2.26c. Để làm rõ các chi tiết hơn, ta có thể thực hiện kéo dài mức tương phản. Ta chọn điều chỉnh lược đồ nhưng sử dụng hàm chuyển đổi lũy thừa có thể là cách chọn hợp lý hình 2.26d. Hình 2.26d được dùng để đánh giá hiệu ứng khi đặt các lớp bit có thứ tự thấp bằng 0.



**Hình 2.26, a: ảnh gốc, b: ảnh sau khi thiết lập giá trị 4 lớp bit về giá trị 0, c: khác nhau giữa a và b, d: điều chỉnh biểu đồ ảnh c**

Một trong những ứng dụng thương mại thành công nhất của phép trừ là trong lĩnh vực tạo ảnh y tế được gọi là chế độ chụp x-quang mặt nạ.



**Hình 2.27. Ảnh x-quang phân đỉnh đầu bệnh nhân**

Hình 2.27a là ảnh X-quang của phân đỉnh đầu của bệnh nhân trước khi tiêm thuốc cản quang vào đường truyền máu. Máy chụp ở phía trên đỉnh đầu và hướng xuống dưới. Điểm sáng nằm ở 1/3 phía dưới bức ảnh là cột tủy sống. Hình 2.27b là ảnh sự khác nhau giữa mặt nạ (hình 3,29a) và bức ảnh được chụp sau khi tiêm thuốc cản quang vào bệnh nhân. Đường động mạch vận chuyển thuốc cản quang là đường sáng đã được tăng cường hình ảnh. Đường động mạch này có mức sáng như thế bởi vì nó không bị loại bỏ, vùng nền của bức ảnh thì trở nên tối hơn so với ảnh gốc vì sự chênh lệch giữa những vùng mà các giá trị điểm ảnh tương ứng có giá trị khác nhau rất nhỏ, thì kết quả là vùng đó sẽ bị tối trên bức ảnh đầu ra. Ví dụ, điểm tủy sống ở hình gốc trở nên tối hơn ở hình 2.27b vì quá trình xử lý này.

Trong thực tế, phần lớn các ảnh đều thể hiện trên hệ thống 8-bit (dù là 24 bit thì bị chia thành 3 nhóm 8 bit). Và chúng ta mong muốn giá trị điểm ảnh không nằm ngoài dãy 0 đến 255. Và giá trị khác nhau giữa các điểm ảnh nằm trong khoảng -255 đến +255.

#### 2.4.2. Trung bình hình ảnh

Xét mức nhiễu ảnh  $g(x,y)$  được hình thành bằng cách thêm mức nhiễu  $\eta(x,y)$  vào ảnh gốc  $f(x,y)$  ta có:

$$g(x, y) = f(x, y) + \eta(x, y) \quad (2.4-2)$$

Trong đó, giả định, tại mọi cặp tọa độ  $(x,y)$  mức nhiễu ảnh là không tương quan và có giá trị trung bình là 0. Mục tiêu phương pháp này để giảm nhiễu của ảnh bằng cách thêm vào một tập hợp mức nhiễu ảnh  $\{g_i(x,y)\}$ .

Nếu mức nhiễu thỏa mãn yêu cầu trên, ta có thể thấy rằng mức nhiễu trung bình của ảnh được tính bằng trung bình  $\bar{g}(x,y)$  của bức ảnh có K mức nhiễu khác nhau

$$\bar{g}(x, y) = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K g_i(x, y) \tag{2.4-3}$$

Và

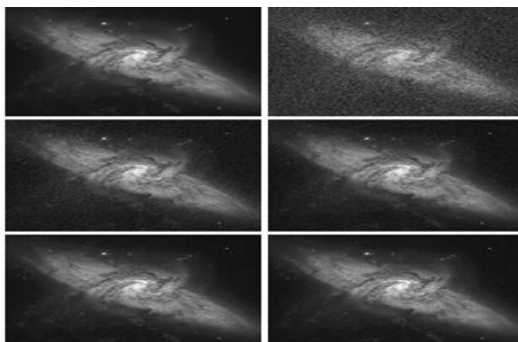
$$E\{\bar{g}(x, y)\} = f(x, y) \tag{2.4-4}$$

$$\sigma_{\bar{g}(x,y)}^2 = \frac{1}{K} \sigma_{\eta(x,y)}^2 \tag{2.4-5}$$

Trong đó  $E\{\bar{g}(x,y)\}$  là giá trị kì vọng của  $\bar{g}$ ,  $\sigma_{\bar{g}(x,y)}^2$  và  $\sigma_{\eta(x,y)}^2$  là những phương sai của  $\bar{g}$  và  $\eta$ . Độ lệch chuẩn tại một điểm bất kì của ảnh trung bình là :

$$\sigma_{\bar{g}(x,y)} = \frac{1}{\sqrt{K}} \sigma_{\eta(x,y)} \tag{2.4-6}$$

Khi K tăng, theo công thức 2.4-5 và 2.4-5 độ biến thiên giá trị điểm ảnh ở từng vị trí (x,y) giảm. Vì đó  $E\{\bar{g}(x,y)\} = f(x,y)$  điều đó nghĩa là  $\bar{g}(x,y)$  tiến gần tới  $f(x,y)$  khi giá trị mức nhiễu ảnh được sử dụng trong phương pháp này tăng lên.



**Hình 2.28. a: ảnh gốc, b: ảnh được điều chỉnh nhiễu với trung bình 0 và độ lệch chuẩn mức xám 64, c-f: kết quả áp dụng khử nhiễu bằng phương pháp trung bình hình ảnh**

Ứng dụng quan trọng nhất của phương pháp này trong lĩnh vực vũ trụ khi chụp ảnh trong môi trường ánh sáng yếu, ảnh có nhiễu nhất định là việc phân tích ảnh gặp khó khăn. Hình 2.28 a là ảnh gốc chụp thiên hà NGC 3314 bởi NASA. NGC 3314 cách trái đất 140 triệu năm ánh sáng. Ngôi sao sáng có hình chong chóng gần trung tâm của thiên hà mới được hình thành từ khí ga và bụi. Hình 2.28b là bức ảnh tương tự như ảnh gốc nhưng bị làm hỏng bởi mức nhiễu không tương quan Gaussian với giá trị trung bình 0 và độ lệch chuẩn mức xám 64. Từ hình 2.28c đến 2.28f cho kết quả của trung bình 8,16,64 và 128 bức ảnh. Ta thấy với K=128 sẽ cho ra bức ảnh gần giống với bức ảnh gốc nhất và dễ dàng dùng trong phân tích hơn.

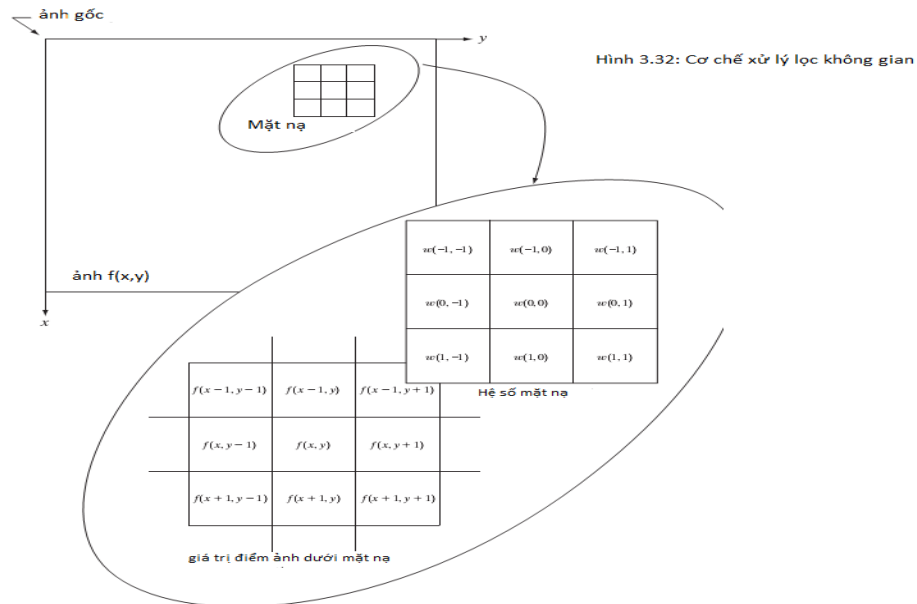
**2.5. Bộ lọc trong miền không gian**

Như đã nhắc tới ở phần 2.1, một vài thao tác vùng lân cận thực hiện với các giá trị điểm ảnh của vùng lân cận và giá trị tương ứng với nó trên ảnh phụ mà ảnh phụ này có cùng kích cỡ với vùng lân cận. Vùng ảnh phụ gọi là lọc (filter), mặt nạ (mask), nhân (kernel) và cửa sổ (window). Những giá trị trên ảnh phụ lọc thường được gọi là hệ số.

Cơ chế lọc không gian được mô tả bằng hình 2.29, thực hiện quá trình bằng cách di chuyển mặt nạ lọc qua từng điểm ảnh. Tại mỗi điểm (x,y), độ nhạy lọc tại điểm này sẽ được tính toán. Vì lọc không gian tuyến tính, nên độ nhạy được tính bằng tổng các tích giữ hệ số lọc và giá trị điểm ảnh trong vùng mặt nạ lọc. Cho mặt nạ 3x3 ở hình 2.30, độ nhạy R tại điểm (x,y) được tính:

$$R = w(-1, -1)f(x - 1, y - 1) + w(-1, 0)f(x - 1, y) + \dots + w(0, 0)f(x, y) + \dots + w(1, 0)f(x + 1, y) + w(1, 1)f(x + 1, y + 1),$$

Từ công thức tính R bên trên ta thấy tổng của tích giữa hệ số mặt nạ với điểm ảnh tương ứng dưới mặt nạ. Cụ thể, hệ số w(0,0) trùng với giá trị f(x,y) cho thấy mặt nạ có tâm tại (x,y). Nếu mặt nạ có dạng m x n, ta giả định m=2a+1 và n=2b+1, trong đó a,b≥0.



Hình 2.29. Mô tả cơ chế lọc không gian

Tổng quát, lọc tuyến tính với ảnh  $f$  có cỡ  $M \times N$  và mặt nạ lọc có cỡ  $m \times n$  được tính theo công thức

$$g(x, y) = \sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b w(s, t) f(x + s, y + t) \quad (2.5-1)$$

Trong đó,  $a=(m-1)/2$  và  $b=(n-1)/2$ ,  $x = 0, 1, 2, \dots, M-1$  và  $y = 0, 1, 2, \dots, N-1$ .

Xử lý lọc tuyến tính cho bởi công thức 2.5-1 cũng tương tự với lý thuyết miền tần số gọi là sự nhân chập. Với lý do này, thực hiện lọc không gian tuyến tính được gọi là chập một mặt nạ với một ảnh. Tương tự, mặt nạ lọc còn được gọi là mặt nạ chập. Thuật ngữ “lỗi chập” cũng hay được dùng.

Khi sự chú ý dựa vào độ nhạy  $R$  của mặt nạ  $m \times n$  tại điểm  $(x, y)$  bất kỳ và không phải dựa vào cơ chế thực hiện nhân chập mặt nạ. Ta sử dụng công thức rút gọn sau:

$$\begin{aligned} R &= w_1 z_1 + w_2 z_2 + \dots + w_{mn} z_{mn} \\ &= \sum_{i=1}^{mn} w_i z_i \end{aligned} \quad (2.5-2)$$

Trong đó,  $w$  là hệ số mặt nạ,  $z$  là giá trị màu xám tại tương ứng với hệ số  $w$ ,  $mn$  là tổng số hệ số của mặt nạ.

Ví dụ, mặt nạ 3x3, độ nhảy  $R$  tại điểm  $(x,y)$  bất kỳ:

Công thức rút gọn này thường xuất hiện trong các sách về xử lý ảnh.

$w_1$	$w_2$	$w_3$
$w_4$	$w_5$	$w_6$
$w_7$	$w_8$	$w_9$

**Hình 2.30: Cách biểu diễn khác của mặt nạ lọc không gian**

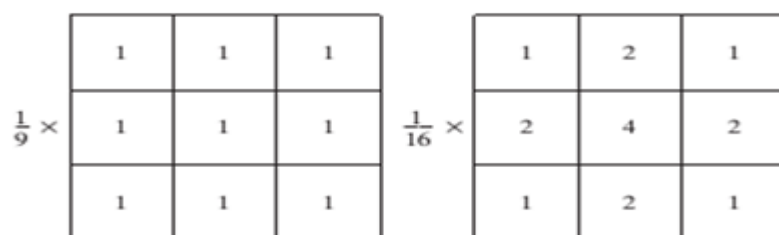
Một vấn đề quan trọng cần xem xét khi thực hiện kỹ thuật này là chuyện gì sẽ xảy ra khi điểm trung tâm của bộ lọc tiến gần đến đường viền của bức ảnh. Xét hình vuông cỡ  $n \times n$ , ít nhất có 1 góc của hình vuông này gặp đường viền ảnh. Khi tâm của hình vuông tiến gần đến đường biên của ảnh thì có những cột thuộc hình vuông bị nằm ngoài bức ảnh. Đơn giản nhất là hạn chế hành trình của điểm trung tâm trong khoảng nhỏ hơn  $(n-1)/2$  điểm ảnh tính từ đường biên. Kết quả là ảnh đầu ra luôn luôn nhỏ hơn ảnh gốc nhưng tất cả các điểm ảnh trên ảnh lọc sẽ được xử lý đầy đủ. Nếu cỡ ảnh đầu ra yêu cầu bằng với ảnh gốc thì cách hợp lý nhất là chỉ lọc với những điểm ảnh nằm trong phần bao phủ của mặt nạ. Với phương pháp này, thì những điểm ảnh nằm gần đường biên sẽ được xử lý bằng cách mặt nạ lọc theo phần. Một cách khác nữa là chêm thêm ảnh bằng cách tăng thêm cột có giá trị màu xám 0 hoặc sao chép thêm các cột. Cột thêm vào này sẽ được bỏ trong bước cuối cùng của quy trình. Kỹ thuật này giữ được kích cỡ ảnh giống như ảnh gốc nhưng phần góc của ảnh sẽ bị ảnh hưởng. Tóm lại chỉ có 1 cách duy nhất để có một bức ảnh lọc hoàn hảo là chấp nhận ảnh sau khi lọc sẽ nhỏ hơn ảnh gốc.

**2.6. Làm mịn Lọc không gian**

Lọc mịn dùng cho ảnh bị mờ và giảm nhiễu ảnh. Làm mờ được sử dụng trong bước trước khi xử lý như là loại bỏ những chi tiết nhỏ trước khi lọc ra những chi tiết lớn và nối những khoảng trống bằng đường thẳng hoặc đường cong. Giảm nhiễu có thể thực hiện bằng làm mờ với lọc tuyến tính và không tuyến tính.

**2.6.1. Làm mịn bằng lọc tuyến tính**

Ảnh đầu ra cần được làm mịn, bộ lọc không gian tuyến tính lấy trung bình giá trị điểm ảnh có vùng của mặt nạ lọc. Quá trình lọc này còn gọi là lọc trung bình. Bằng cách thay thế mỗi giá trị điểm ảnh bằng mức màu trung bình trên vùng được phủ bởi mặt nạ lọc. Quá trình này cho ra bức ảnh với mức màu đã được giảm đi. Vì mức nhiễu ngẫu nhiên bao gồm chuyển đổi sắc nét của mức xám, nên ứng dụng quan trọng nhất của làm mịn là giảm nhiễu. Nhưng các góc ( phần thường được chú tâm nhất trong bức ảnh) cũng được định hình bởi chuyển đổi sắc nét mức xám, vì thế lọc trung bình có hiệu ứng không mong muốn là bị mờ góc từ việc sử dụng không đủ màu xám. Lọc trung bình thường được sử dụng trong làm giảm chi tiết ảnh không quan trọng.



**Hình 2.31 Bộ lọc mịn 3x3**

Hình 2.31 là 2 bộ lọc mịn 3x3. Lọc đầu tiên dùng xác định điểm ảnh trung bình tiêu chuẩn dưới mặt nạ. Áp dụng công thức 2.5-3 để tính giá trị trung bình màu xám trong vùng 3x3 được mặt nạ che

$$R = \frac{1}{9} \sum_{i=1}^9 z_i,$$

Chú ý, thay vì sử dụng 1/9, các hệ số dùng đều là 1, vì giá trị 1 dùng trong việc tính toán hiệu quả hơn. Bước cuối cùng là chia tất cả cho 9. Như vậy Mặt nạ mxn có cùng một giá trị 1/mn. Chú ý đến hình 2.31, mặt nạ này gọi là trung bình trọng số. Thuật ngữ này dùng để chỉ những điểm ảnh được nhân với các giá trị hệ số khác nhau. Và chỉ ra có vài điểm ảnh quan trọng hơn điểm ảnh khác. Trong hình 2.31b, giá trị ở điểm trung tâm mặt nạ được nhân với giá trị hơn các vị trí khác, nên điểm ảnh này quan trọng hơn các điểm ảnh khác khi tính trung bình trọng số. Những điểm ảnh khác, ngược lại, trọng số được tính bằng cách tính khoảng cách của vị trí điểm ảnh đó đến điểm trung tâm. Chiến thuật cơ bản phía sau làm trọng tâm điểm ảnh trung tâm, sau đó giảm giá trị hệ số là để giảm mức mờ ảnh trong quá trình làm mịn. Ta có thể thực hiện kiểu trọng số khác trong trường hợp tổng quát.



Nhưng ở hình 2.31b, tổng các hệ số bằng  $16 = 2^4$  rất thích hợp để thực hiện tính toán. Thực tế, rất khó để nhận ra sự khác nhau giữa 2 bức ảnh được làm mịn bằng sử dụng 2 mặt nạ trên hoặc mặt nạ khác vì mặt nạ che phủ một vùng rất nhỏ so với toàn bức ảnh.

Từ công thức 2.5-1, trường hợp tổng quát công thức để thực hiện lọc ảnh  $M \times N$  bằng thực hiện lọc trung bình trọng số cỡ  $m \times n$ , ( $m, n$  là số lẻ) là:

$$g(x, y) = \frac{\sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b w(s, t) f(x + s, y + t)}{\sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b w(s, t)} \quad (2.6-1)$$

Các tham số trong 2.6-1 giống như trong 2.5-1

**2.6.2. Lọc theo thứ tự thống kê**

Bộ lọc thứ tự thống kê là bộ lọc không gian không tuyến tính có độ nhạy dựa trên thứ tự các điểm ảnh chứa trên vùng ảnh được che phủ bởi mặt nạ và thay thế các giá trị điểm ảnh trung tâm với giá trị được xác định qua kết quả sắp xếp. Ví dụ được biết đến nhiều nhất là bộ lọc trung tâm, nghĩa là bộ lọc này sẽ thay thế giá trị màu của một điểm ảnh bằng giá trị màu trung tâm của vùng chứa điểm ảnh đó ( giá trị gốc của điểm ảnh được sử dụng trong phép tính này). Bộ lọc trung tâm phổ biến vì bộ lọc này có tác dụng giảm nhiễu rất tốt trong một số kiểu nhiễu nhất định và giảm độ nhòe đáng kể so với bộ lọc mịn tuyến tính. Bộ lọc trung tâm có hiệu quả khi ảnh có sự nhiễu xung hay gọi là nhiễu salt-and-pepper (muối và hạt tiêu) vì loại nhiễu này có xuất hiện những hạt trắng và đen xếp chồng lên nhau trên ảnh.

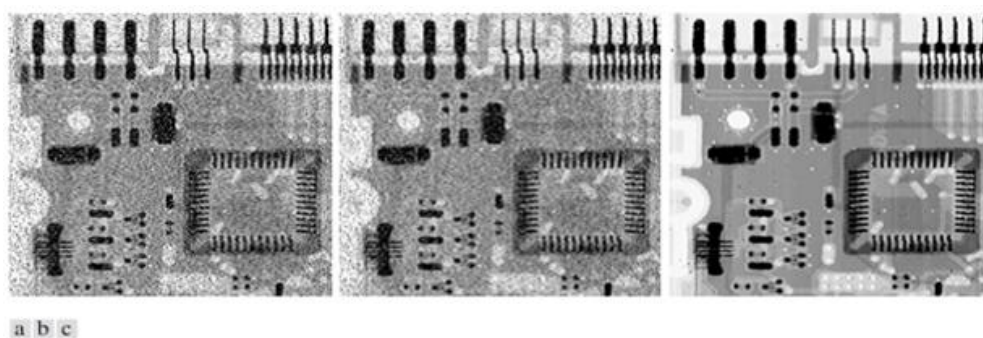
Giá trị trung tâm  $\epsilon$  của một tập hợp là giá trị mà một nửa tập hợp nhỏ hơn hoặc bằng  $\epsilon$  và nửa còn lại lớn hơn  $\epsilon$ . Để thực hiện lọc trung tâm tại một điểm ảnh, đầu tiên ta liệt kê giá trị điểm ảnh đó và những điểm xung quanh, xác định giá trị trung tâm và gán giá trị điểm trung tâm này vào điểm ảnh. Ví dụ, cho vùng  $3 \times 3$ , giá trị trung tâm là giá trị thứ 5. Trong vùng  $5 \times 5$  thì là giá trị thứ 12. Nếu trong vùng theo dõi có nhiều giá trị bằng nhau, các giá trị đó được gom vào một nhóm.

Mặc dù, lọc trung tâm là hiệu quả nhất của phương pháp lọc thứ tự thống kê nhưng không có nghĩa là duy nhất. Giá trị trung tâm là đại diện giá trị 50% của danh sách được sắp xếp thứ tự, nhưng theo thống kê cơ bản, thì sự sắp xếp thứ tự này còn có nhiều ý nghĩa khác nữa. Ví dụ, sử dụng thứ 100% gọi là lọc lớn nhất để tìm

ra điểm lớn sáng nhất trong bức ảnh, áp dụng cho mảng lọc  $3 \times 3$  có  $R = \max(|z_k|, k=0,1,\dots,9)$ .

### Ví dụ

Hình 2.32a là ảnh X-quang của bảng mạch bị nhiễu xung. Để xem tính ưu việt của lọc trung tâm với lọc trung bình trong trường hợp này. Hình 2.32 a là kết quả khử nhiễu với vùng mặt trung  $3 \times 3$  với lọc trung bình. Hình 2.32c là hình có từ áp dụng lọc trung tâm với cỡ mặt nạ  $3 \times 3$ . Nhận xét: hình 2.32b nhìn rõ hơn nhưng bị nhòe rất nhiều. Qua ví dụ trên ta thấy, lọc trung tâm thích hợp hơn lọc trung bình trong việc giảm nhiễu xung.



**Hình 2.32. a:hình gốc, b:hình đã áp dụng lọc trung bình,c:hình áp dụng lọc trung tâm**

## 2.7. Làm sắc nét ảnh lọc không gian

Mục tiêu chính của làm sắc nét hình ảnh là làm nổi bật chi tiết mịn của hình ảnh hoặc tăng cường ảnh bị nhòe do bị lỗi tự nhiên hay khi áp dụng những phương pháp lọc ở bên trên. Ứng dụng phương pháp làm sắc nét hình ảnh rất đa dạng bao gồm trong in điện tử, chụp ảnh y tế, áp dụng trong quốc phòng.

### 2.7.1. Cơ bản

Trước khi đi vào chi tiết, chúng ta cần nhìn lại những đặc tính cơ bản của phép vi phân trên ảnh kỹ thuật số. Có nhiều cách để định nghĩa phép vi phân ảnh kỹ thuật số. Nhưng có vài định nghĩa mà ta cần chú ý:

- (1) Phải bằng 0 khi vi phân với vùng có cùng giá trị màu xám
- (2) Phải là khác 0 tại điểm bắt đầu của bước màu xám và đoạn đường nối.
- (3) Khác 0 trên đường nối

Tương tự cũng là điều kiện với vi phân cấp 2

Vì chúng ta làm việc với giá trị số mà những giá trị này là giới hạn, mức xám lớn nhất có thể cũng là giới hạn và khoảng cách ngắn nhất mà ở đó sự thay đổi có thể xảy ra là giữa 2 điểm ảnh.

Vi phân cấp một của hàm  $f(x)$  là:

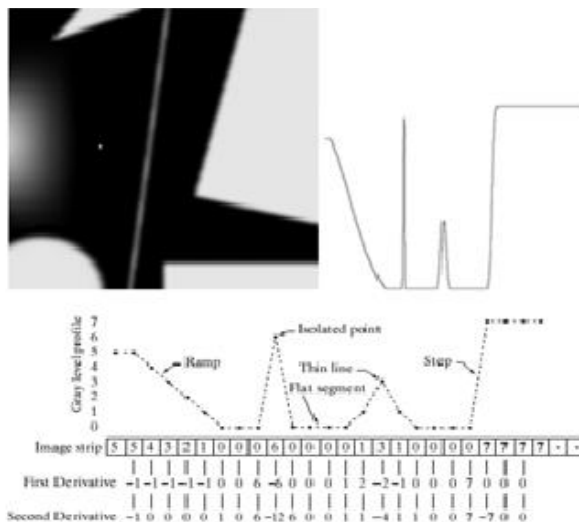
$$\frac{\partial f}{\partial x} = f(x + 1) - f(x).$$

Tại đây, sử dụng đạo hàm riêng để giữ lại kí hiệu giống như áp dụng với hàm 2 biến  $f(x,y)$ . chúng ta sử dụng trục tọa độ cùng với phép đạo hàm riêng. Việc sử dụng đạo hàm riêng sẽ không ảnh hưởng đến mục đích của công việc chúng ta đang làm,

Tương tự ta có đạo hàm cấp 2:

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(x + 1) + f(x - 1) - 2f(x).$$

Để dàng kiểm tra 2 định nghĩa trên có thỏa mãn các điều kiện với đạo hàm cấp 1 và 2. Chúng ta chú ý đến sự giống và khác nhau giữa đạo hàm cấp 1 và 2 trong quá trình xử lý ảnh qua ví dụ ở hình 2.33



**Hình 2.33. a: ảnh gốc, b: đồ thị mức xám của ảnh, c: lược đồ màu**

Hình 2.33 là ảnh có nhiều các đối tượng trên đó, đường thẳng, 1 điểm nhiễu, hình 2.33b là đồ thị mức xám của ảnh, hình 2.33c là phân tích lược đồ màu với những con số để chúng ta biết cách thực hiện vi phân cấp 1 và 2. Trong hình được giản lược ta thấy các chuyển đổi của những đường nối gồm 4 điểm ảnh, điểm nhiễu là

một điểm ảnh, đường thẳng gồm 3 điểm ảnh và sự chuyển đổi trong bước màu được thực hiện giữa 2 điểm ảnh kề nhau. Số lượng mức xám được lấy đơn giản gồm 8 mức.

Tóm lại, so sánh kết quả giữa 2 phép vi phân, kết luận là:

- (1) phép vi phân cấp 1 cho ra đường mỏng hơn trên ảnh
- (2) phép vi phân cấp 2 cho những chi tiết mịn hơn
- (3) phép vi phân cấp 1 có kết quả tốt hơn cho bước tăng mức xám
- (4) phép vi phân cấp 2 cho ra kết quả gấp 2 lần sự thay đổi của bước tăng này,

Vì vậy, kết quả của phép vi phân cấp 2 cho đường thẳng mạnh hơn trên điểm ảnh với cùng thay đổi mức xám. Trong phần lớn các ứng dụng, phép vi phân cấp 2 thường được sử dụng hơn cấp 1 vì khả năng làm mịn hình ảnh của nó.

**2.7.2. Sử dụng phép vi phân cấp 2 cho tăng cường hình ảnh – Laplacian**

**Phương pháp phát triển**

Phép tính vi phân đẳng hướng đơn giản nhất là Laplacian, cho 1 hàm 2 biến  $f(x,y)$ , được định nghĩa:

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \tag{2.7-1}$$

Vì các cấp của phép vi phân được là những phép tính tuyến tính, nên Laplacian cũng là phép tính tuyến tính. Ta có 2 biến  $x, y$ , ta tiến hành tích phân từng phần với biến  $x$ :

$$\frac{\partial^2 f}{\partial^2 x^2} = f(x + 1, y) + f(x - 1, y) - 2f(x, y) \tag{2.7-2}$$

Với biến  $y$ :

$$\frac{\partial^2 f}{\partial^2 y^2} = f(x, y + 1) + f(x, y - 1) - 2f(x, y) \tag{2.7-3}$$

Áp dụng mảng 2 chiều Laplacian theo công thức 2.7-1

$$\nabla^2 f = [f(x + 1, y) + f(x - 1, y) + f(x, y + 1) + f(x, y - 1)] - 4f(x, y). \tag{2.7-4}$$

Công thức được thực hiện với mặt nạ ở hình 2.34a đưa ra kết quả đẳng hướng khi xoay ảnh theo hướng +90. Cơ chế thực hiện bước này được nhắc tới ở công thức 2.5-1 và được mô tả ở phần 2.6.1 về bộ lọc làm mịn tuyến tính. Ta sẽ sử dụng những hệ số khác nhau ở đây.

0	1	0	1	1	1	<table style="border: none; font-size: 0.8em;"> <tr><td style="padding: 0 5px;">a</td><td style="padding: 0 5px;">b</td></tr> <tr><td style="padding: 0 5px;">c</td><td style="padding: 0 5px;">d</td></tr> </table>	a	b	c	d
a	b									
c	d									
1	-4	1	1	-8	1					
0	1	0	1	1	1					
0	-1	0	-1	-1	-1					
-1	4	-1	-1	8	-1					
0	-1	0	-1	-1	-1					

**Hình 2.34. a:mặt nạ dùng cho Laplacian từ công thức 2.7-4,b:mặt nạ sử dụng với công thức mở rộng và bao gồ đường chéo,c và d:kết quả áp dụng Laplacian**

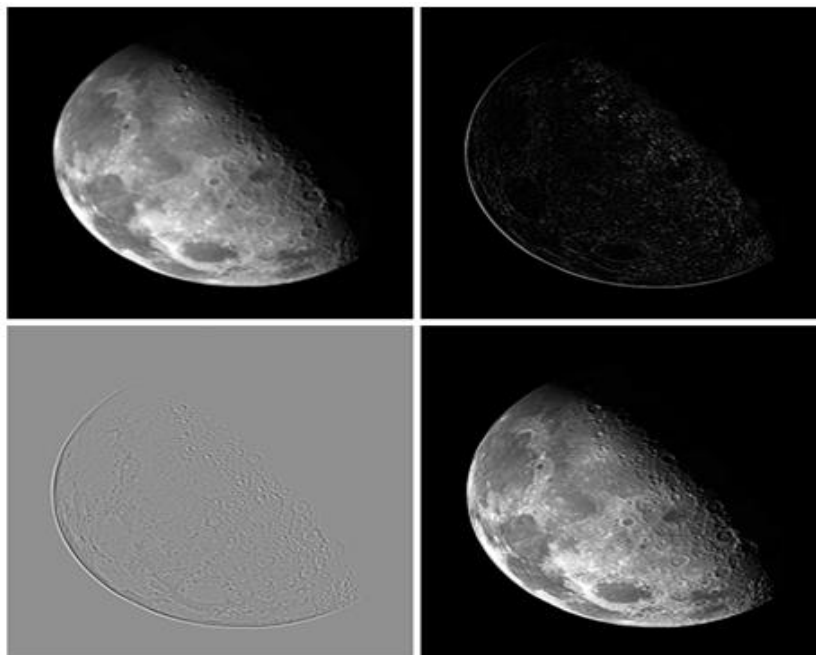
Hướng đường chéo có thể kết hợp vào Laplacian khi thêm 2 điều kiện vào công thức 2.7-4. Mỗi điều kiện cho từng hướng của đường chéo. Công thức của mỗi điều kiện giống như 2.7-2 hoặc 2.7-3 nhưng tọa độ phụ thuộc vào đường chéo. Mỗi đường chéo cũng chứa một  $-2f(x,y)$ , tổng của hiệu 2 đường chéo đó là  $-8f(x,y)$ . Mặt nạ được sử dụng để thực hiện định nghĩa mới này là được trình bày ở hình 2.34b. Mặt nạ này đưa kết quả đẳng hướng, 2 mặt nạ còn lại trong hình 2.28 cũng thường xuyên được sử dụng. Chúng dựa trên định nghĩa của Laplacian mà là một giá trị âm. Vì thế, nó cho ra một kết quả cân bằng nhưng ký hiệu khác nhau phải được ghi nhớ khi gộp ( công hoặc trừ) một bộ lọc Laplacian với một ảnh khác.Vì Laplacian là phép tính vi phân, cách sử dụng của nó để nhấn mạnh sự gián đoạn của mức xám trên ảnh và bỏ những vùng có nhiều mức xám. Điều này sẽ có xu hướng tạo ra bức ảnh có đường màu xám và gián đoạn, tất cả được chồng lên trên vùng nền tối. Màu nền có thể được phục chế lại trong khi vẫn tiếp tục giữ hiệu ứng làm sắc nét của Laplacian bằng cách thêm vào hình gốc và ảnh Laplacian. Như đã nói ở phần trên,

điều quan trọng phải luôn ghi nhớ là Laplacian nào đang được sử dụng. Nếu những định nghĩa đang được sử dụng có hệ số trung tâm là âm, sau đó ta nên trừ hơn là cộng vào một ảnh Laplacian để có được kết quả sắc nét. Như vậy cách đơn giản chúng ta có thể sử dụng Laplacian là

$$g(x, y) = \begin{cases} f(x, y) - \nabla^2 f(x, y) \\ f(x, y) + \nabla^2 f(x, y) \end{cases} \quad (2.7-5)$$

Cách sử dụng công thức này được trình bày tiếp sau đây

**Ví dụ**



**Hình 2.35. a:hình gốc,b:hình sử dụng lọc Laplacian được tỉ lệ cho việc hiển thị, d:ảnh được tăng cường**

Hình 2.35a là hình của Cực Bắc của mặt trăng, Hình 2.35b là kết quả khi sử dụng mặt nạ lọc Laplacian của hình 2.34b, Vì ảnh Laplacian chứa cả 2 giá trị âm và dương, một cách để tỷ lệ nó là sử dụng phương pháp được bàn tới ở phần 2.4.1. Thi thoảng, giá trị tuyệt đối cũng có thể sử dụng trong trường hợp như thế này nhưng điều này mang lại kết quả không chuẩn xác vì ít cho ra 2 đường thẳng có vị trí gần nhau. Hình 2.35c là hình được tỉ lệ với cách mà được trình bày, chú ý rằng ưu điểm là các góc và những điểm gián đoạn có đa dạng giá trị xám, màu nền ở ảnh trước là màu đen, bây giờ có màu xám. Màu xám là đặc trưng của hình Laplacian. Hình

2.35d là ảnh khi áp dụng công thức 2.7-5. Chi tiết trên bức ảnh rõ ràng và sắc nét hơn ảnh gốc. Thêm ảnh vào ảnh Laplacian được phục hồi lại màu xám tổng thể của bức ảnh cùng với ảnh Laplacian tăng mức tương phản tại những điểm gián đoạn có màu xám. Kết quả cuối cùng là ảnh mà chi tiết nhỏ được làm tăng cường và màu nền gần như được giữ nguyên

Ở ví dụ trước, ta thực hiện công thức 2.7-5 bằng cách tính toán ảnh được lọc Laplacian và sau đó trừ nó từ ảnh gốc. Như vậy ví dụ trên là bước hướng dẫn để thực hiện xử lý ảnh bằng lọc Laplacian. Thực tế, công thức 2.7-5 được thực hiện cùng với một mặt nạ. Hệ số của mặt nạ đơn này thường có được bởi thay thế công thức 2.7-4 vào  $\Delta^2 f(x,y)$  trong dòng đầu tiên của công thức 2.7-5

$$\begin{aligned} g(x, y) &= f(x, y) - [f(x + 1, y) + f(x - 1, y) \\ &\quad + f(x, y + 1) + f(x, y - 1)] + 4f(x, y) \\ &= 5f(x, y) - [f(x + 1, y) + f(x - 1, y) \\ &\quad + f(x, y + 1) + f(x, y - 1)]. \end{aligned} \quad (2.7-6)$$

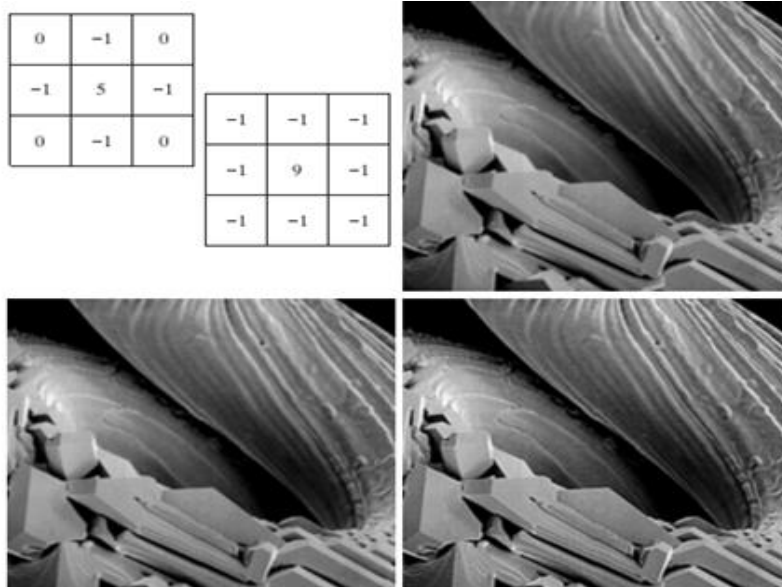
Công thức có thể thực hiện với mặt nạ ở hình 2.36a, mặt nạ hình 2.36b có thể được sử dụng nếu những đường chéo cũng được dùng trong tính toán ở Laplacian. Mặt nạ giống nhau có thể được dùng nếu ta thay thế giá trị âm của công thức 2.7-4 vào dòng thứ 2 của công thức 2.7-5

#### Ví dụ:

Kết quả có thể đạt được với mặt nạ chứa đường chéo thường sẽ là sắc nét hơn với kết quả đạt được với mặt nạ ở hình 2.36a. Đặc tính này được minh họa bởi ảnh được lọc Laplacian ở hình 2.36d và e – là kết quả từ việc sử dụng mặt nạ ở hình 2.36a và b. Khi so sánh ảnh lọc với ảnh gốc ở hình 2.36c, thấy rằng cả 2 mặt nạ có kết quả ảnh tăng cường hiệu quả nhưng hình 2.36b thì sắc nét hơn. Hình 2.36c là ảnh quét qua thấu kính điện tử của dây tóc bóng đèn với độ phóng đại gần 250 lần.

Vì Laplacian là phép tính tuyến tính, chúng ta có thể thành công với mặt nạ hỗn hợp của hình 2.36a và b vì chú ý rằng công thức 2.7-5 là sự chênh lệch giữa 2 quá trình xử lý tuyến tính. Khi đó,  $f(x,y)$  được coi như tự xử lý với mặt nạ có một hệ số đơn vị ở trung tâm và các giá trị khác bằng 0. Phần thứ 2 của công thức là bức ảnh tương tự được xử lý với một mặt nạ Laplacian ở hình 2.34. Do có sự tuyến tính, kết quả có được từ công thức 2.7-5 cùng với mặt nạ có giá trị đơn vị trung tâm và ảnh còn lại với lọc Laplacian có thể có cùng kết quả với bức ảnh có được từ việc áp

dùng mặt nạ đơn được hình thành từ việc cộng hoặc trừ mặt nạ Laplacian từ mặt nạ có hệ số đơn vị ở ô trung tâm.



**Hình 2.36. a:mặt nạ hỗn hợp 1,b: mặt nạ hỗn hợp 2,c:ảnh gốc,d và e:kết quả sử dụng mặt nạ a và b**

**Mặt nạ chưa sắc nét và bộ lọc tăng cường cao**

Một phương pháp được sử dụng nhiều năm trong ngành công nghiệp xuất bản để làm sắc nét ảnh là giảm mức nhòe ảnh từ chính nó. Phương pháp này gọi là mặt nạ chưa sắc nét và có công thức:

$$f_s(x, y) = f(x, y) - \bar{f}(x, y) \tag{2.7-7}$$

Trong đó,  $f_s(x,y)$  là ảnh được làm sắc nét và  $f(x,y)$  là phiên bản mờ của  $f(x,y)$ . Bản gốc của mặt nạ chưa sắc nét được làm từ phòng tối. Tổng quát hóa hơn một chút của mặt nạ chưa sắc nét được gọi là lọc tăng cường cao. Ảnh lọc tăng cường cao,  $f_{hb}$  được định nghĩa tại điểm bất kỳ  $(x,y)$

$$f_{hb}(x, y) = Af(x, y) - \bar{f}(x, y) \tag{2.7-8}$$

Trong đó,  $A \geq 1$ ,  $f$  là ảnh nhòe của  $f$ . Công thức này được viết thành



$$f_{hb}(x, y) = (A - 1)f(x, y) + f(x, y) - \bar{f}(x, y). \quad (2.7-9)$$

Sử dụng công thức 2.7-7 ta có

$$f_{hb}(x, y) = (A - 1)f(x, y) + f_s(x, y) \quad (2.7-10)$$

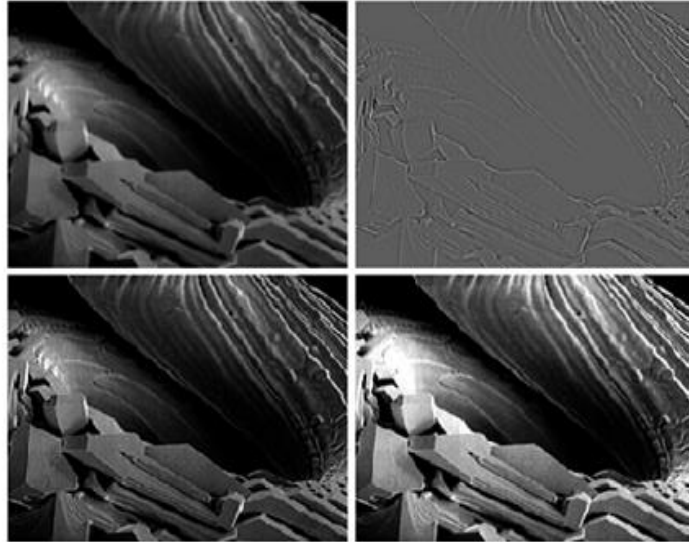
là công thức để tính ảnh lọc tăng cường cao. Công thức 2.7-10 có thể chấp nhận được và không miêu tả rõ ràng làm thế nào bức ảnh sắc nét được tạo ra. Nếu ta lựa chọn sử dụng Laplacian, sau cho chúng ta biết rằng  $f_s(x,y)$  có thể có được từ công thức 2.7-5. Trong trường hợp này công thức 2.7-10 trở thành

$$f_{hb} = \begin{cases} Af(x, y) - \nabla^2 f(x, y) & \text{Hệ số trung tâm } < 0 \\ Af(x, y) + \nabla^2 f(x, y) & \text{Hệ số trung tâm } > 0 \end{cases} \quad (2.7-11)$$

Lọc tăng cường cao có thể được thực hiện với một trong 2 mặt nạ ở hình 2.38. Chú ý rằng, khi  $A=1$ , lọc tăng cường cao trở thành làm sắc nét Laplacian tiêu chuẩn. Nếu giá trị  $A > 1$ , thì quá trình xử lý sắc nét trở nên kém qua trọng rất nhiều. Cuối cùng, nếu  $A$  đủ lớn, ảnh tăng cường cao có thể gần bằng với ảnh gốc nhân với một hằng số.

**Ví dụ**

Một trong ứng dụng đúng dụng chính của lọc tăng cường là khi ảnh gốc tối hơn mong muốn. Vì sự đa dạng của hệ số tăng cường, một cách tổng quát nó có thể làm tăng mức xám trung bình của bức ảnh, để làm sáng bức ảnh. Hình 2.37 là một ứng dụng kiểu này. Phần a của ảnh là phiên bản tối của ảnh 2.37c. Hình 2.37b là ảnh Laplacian sử dụng mặt nạ ở hình 2.38b cùng với  $A=0$ . Ảnh 2.37c có được từ sử dụng ảnh 2.38b với  $A=1$ , ảnh đầu ra sắc nét hơn nhưng vẫn tối như ảnh gốc. Cuối cùng, ảnh 2.37d là kết quả sử dụng  $A=1.7$ . Kết quả này là chấp nhận được. Trong đó giá trị trung bình màu xám được tăng lên và làm bức ảnh sáng hơn và tự nhiên hơn.



Hình 2.37. a: ảnh gốc , b:A=0,c:laplacian sử dụng mặt nạ 2.38b và A=1,d:như c nhưng A=1.7

### 2.7.3. Sử dụng phép vi phân cấp 1 - Gradient

Phép vi phân cấp 1 trong xử lý ảnh được thực hiện bằng cách sử dụng đại lượng Gradient. Cho hàm  $f(x,y)$ . Gradient của  $f$  trong hệ tọa độ  $(x,y)$  được định nghĩa như cột vector 2 chiều

$$\nabla f = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix}. \quad (2.7-12)$$

Đại lượng của vector được cho bởi

$$\begin{aligned} \nabla f &= \text{mag}(\nabla f) \\ &= [G_x^2 + G_y^2]^{1/2} \\ &= \left[ \left( \frac{\partial f}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial f}{\partial y} \right)^2 \right]^{1/2}. \end{aligned} \quad (2.7-13)$$

Thành phần của độ dốc vector bản thân đã là phép toán tuyến tính, nhưng đại lượng của vector này thì không phải như thế bởi vì bình phương và khai căn. Nói cách khác, đạo hàm riêng của 2.7-12 không phải là đẳng hướng nhưng giá trị độ dốc vector là đẳng hướng.

Gánh nặng tính toán khi thực hiện công thức 2.7-13 trên mức ảnh không có gì khó khăn cả, và bình thường giá trị gần đúng của độ dốc được tính bằng giá trị tuyệt đối của từng thành phần

$$\nabla f \approx |G_x| + |G_y|. \quad (2.7-14)$$

Công thức trên thì đơn giản cho việc tính toán và giữ nguyên được sự thay đổi tương đối của mức màu xám nhưng đặc tính đẳng hướng bị mất đi. Nhưng trong trường hợp của Laplacian, đặc tính đẳng hướng của độ dốc số được định nghĩa ở phần tiếp theo chỉ được giữ nguyên khi giới hạn giá trị của xoay vòng mà phụ thuộc vào mặt nạ để tính vi phân. Như vậy, phần lớn mặt nạ được sử dụng cho tính toán độ dốc sẽ cho ra kết quả giống nhau cho góc ngang và dọc và như vậy đặc tính đẳng hướng của độ dốc được giữ nguyên chỉ khi nhân với  $90^\circ$ . Kết quả này là độc lập với công thức 2.7-13 hoặc 2.7-14, và không có quan trọng bị mất khi áp dụng từng công thức một hoặc cả 2 công thức.

Như trong trường hợp Laplacian, chúng ta định nghĩa sự gần đúng kỹ thuật số cho những công thức trước. Và từ công thức này để tính ra mặt nạ lọc gần đúng. Để tiếp tục bản luận một cách đơn giản, ta sử dụng những ký hiệu ở hình 2.38a cho những điểm ảnh trong hình vuông 3x3. Hai định nghĩa của Robert (1965) ở phần đầu mục phát triển xử lý ảnh số sử dụng chên lệch chéo:

$$G_x = (z_9 - z_5) \quad \text{and} \quad G_y = (z_8 - z_6). \quad (2.7-15)$$

Nếu chúng ta chọn sử dụng công thức 2.7-13 thì giá trị độ dốc là

$$\nabla f = [(z_9 - z_5)^2 + (z_8 - z_6)^2]^{1/2} \quad (2.7-16)$$

Nếu chúng ta lấy giá trị tuyệt đối, sau đó thay thế những giá trị ở công thức 2.7-15 vào công thức 2.7-14 ta có giá trị gần đúng của độ dốc:

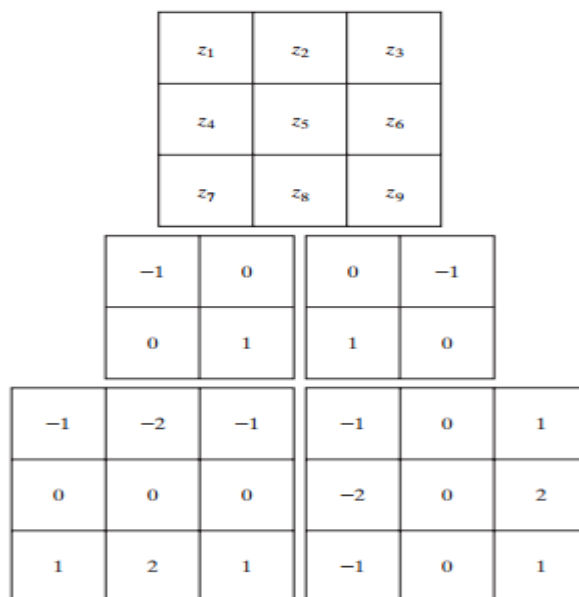
$$\nabla f \approx |z_9 - z_5| + |z_8 - z_6|. \quad (2.7-17)$$

Công thức này có thể được thực hiện với 2 mặt nạ ở hình 2.38b và c, những mặt nạ này được gọi là phép tính độ dốc chéo Roberts.

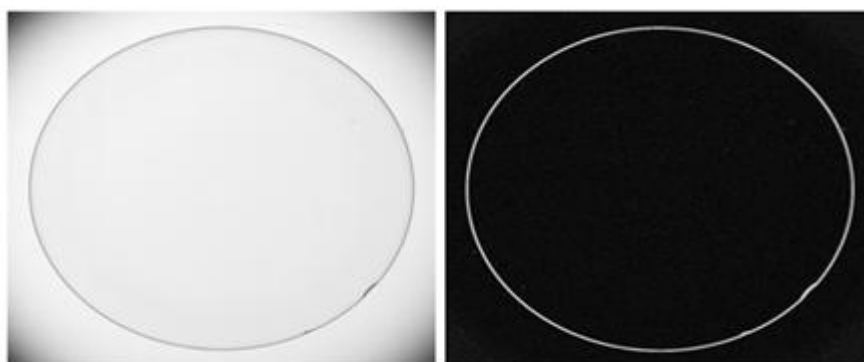
Mặt nạ có kích cỡ chẵn thì thường khó dùng trong tính toán. Giá trị nhỏ nhất của bộ lọc là 3x3. Giá trị gần đúng sử dụng trong tính giá trị tuyệt đối, vẫn tại điểm  $z_5$ , nhưng sử dụng mặt nạ 3x4 sẽ là

$$\nabla f \approx \left| (z_7 + 2z_8 + z_9) - (z_1 + 2z_2 + z_3) \right| + \left| (z_3 + 2z_6 + z_9) - (z_1 + 2z_4 + z_7) \right|. \quad (2.7-18)$$

Sự khác nhau giữa dòng thứ 3 và dòng thứ 1 là dùng cho phép vi phân theo trục x, và khác nhau giữa cột 3 và cột 1 dùng cho phép vi phân theo cột y. Mặt nạ ở hình 2.38d và e, gọi là phép tính Sobel, có thể được dùng cho công thức 2.7-18 qua cơ chế ở công thức 2.5-1.



**Hình 2.38. Mặt nạ Sobel**

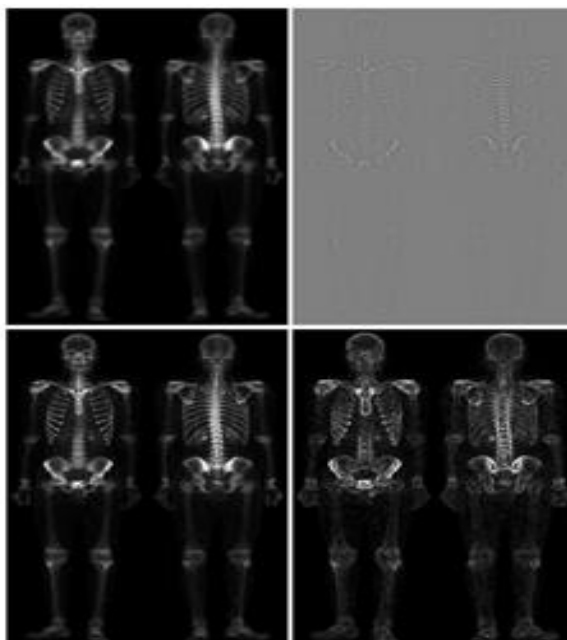


**Hình 2.39. a: ảnh gốc, b: ảnh độ dốc Sobel**

Hình 2.39a là ảnh quang học của kính áp tròng, được chiếu bởi nguồn sáng được thiết kế để tìm ra điểm sai sót ví dụ như là 2 lỗi ở góc 4h và 5h. Hình 2.39b là ảnh độ dốc khi áp dụng công thức 2.7-14 với 2 mặt nạ Sobel ở hình 2.38d và e. Chú ý, xử lý độ dốc nhấn mạnh các đặc điểm nhỏ mà không được nhìn thấy qua ảnh thang màu xám

## 2.8. Phương pháp kết hợp tăng cường không gian

Trong phần này, chúng ta sẽ quan tâm đến những ví dụ để hiểu làm như thế nào để kết hợp nhiều kỹ thuật để hoàn thành yêu cầu nâng cấp ảnh.

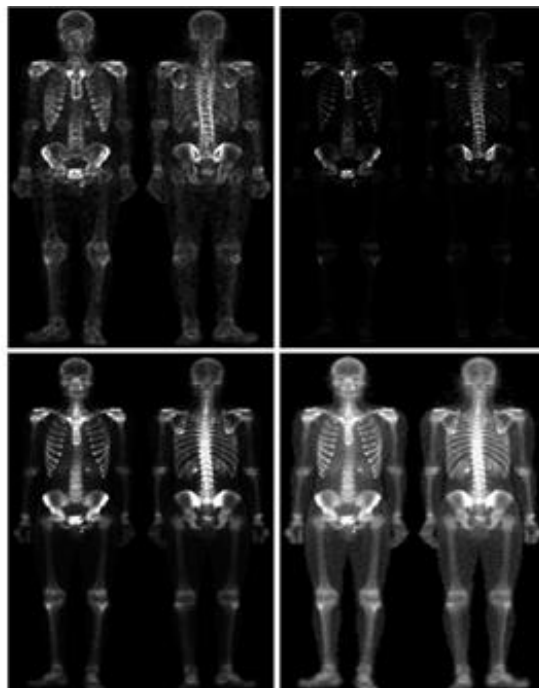


**Hình 2.40. a: ảnh gốc, b: ảnh Laplacian của a, c: ảnh làm sắc nét khi cộng ảnh a với b, d: Sobel của a**

Hình 2.40a là ảnh toàn bộ xương cơ thể người, được sử dụng phát hiện các bệnh về xương. Mục tiêu của chúng ta là tăng cường ảnh này bằng cách làm sắc nét và hiện ra nhiều chi tiết của bộ xương. Dải màu xám hẹp và mức nhiễu cao làm cho công việc tăng cường ảnh khó khăn. Chiến lược là sử dụng Laplacian để tăng độ mịn các chi tiết và độ dốc để tăng cường các góc. Giải thích ngắn gọn là phiên bản được làm mịn của ảnh áp dụng độ dốc sẽ được sử dụng làm mặt nạ cho ảnh Laplacian. Cuối cùng chúng ta cố gắng tăng dải giá trị màu xám bằng cách sử dụng hàm chuyển đổi mức xám. Hình 2.40b là ảnh Laplacian có được bằng cách sử dụng mặt nạ ở hình 2.33d, ảnh này được tạo ra bằng cách sử dụng kỹ thuật tương tự ở hình 2.34. Chúng ta có được bức ảnh rõ nét hơn bằng cách thêm vào hình 2.40a và b theo công thức 2.7-5 dòng 2 (chúng ta sử dụng mặt nạ với giá trị hệ số ô trung tâm  $>0$ ).

Theo dõi mức nhiễu ở hình b, chúng ta có thể có ảnh làm sắc nét có mức nhiễu hơn nếu ta sử dụng hình 2.40a và b, nhưng thực tế là kết quả được đưa ra bởi hình 2.40c. Có một cách để giảm nhiễu là sử dụng lọc trung tâm, nhưng lọc trung tâm là xử lý không tuyến tính có thể sẽ loại bỏ đi những chi tiết của bức ảnh. Nên không sử dụng xử lý ảnh trung tâm để khử nhiễu.

Một phương pháp khác là sử dụng mặt nạ được hình thành từ phiên bản làm mịn của độ dốc trên ảnh gốc.



**Hình 2.40. e:Sobel với lọc trung bình 5x5,f:ảnh mặt nạ kết hợp e và e,g:ảnh làm sắc nét khi cộng a và f,h:ảnh cuối cùng**

Hình 2.40 là ảnh độ dốc Sobel của ảnh gốc sử dụng công thức 2.7-14 để tính toán. Các chi tiết sắc nét trên bức ảnh đã nhìn rõ hơn rất nhiều so với ảnh gốc như là tủy sống, xương đầu. Kết quả này không thể có được khi chỉ áp dụng Laplacian và độ dốc. Quá trình làm sắc nét hình ảnh không làm ảnh hưởng đến thay đổi dải màu xám. Mặc dù ở bước cuối cùng của việc tăng cường ảnh là tăng dải màu xám của ảnh được làm sắc nét. Phương pháp trên là tiêu lược các cách xử lý hình ảnh kết hợp nhiều kỹ thuật. Người dùng cuối của loại ảnh này có thể là nhà quang học. Vì nhiều lý do, các bác sĩ có không thể đưa ra các kết luận bệnh lâm sàng. Nhưng ảnh được tăng cường rất hữu ích khi các chi tiết được làm nổi bật và có thể cung cấp nhưng bằng chứng để phục vụ phân tích chuyên sâu trên ảnh gốc hoặc phối hợp với các ảnh khác. Trong các lĩnh vực khác, ảnh tăng cường có thể là sản phẩm cuối cùng.

## CHƯƠNG III: CHƯƠNG TRÌNH THỬ NGHIỆM

### 3.1. Bài toán

Với một ảnh đầu vào bị nhiễu, bài toán đặt ra là làm thế nào để khử được nhiễu cho ảnh dựa vào một trong các kỹ thuật lọc trong miền không gian. Từ đó ta đặt ra giải pháp như sau: sử dụng toán tử số học để thực hiện khử nhiễu cho ảnh. Cuối cùng ta sẽ thu được một ảnh mới đã được khử nhiễu

Đầu vào : là một ảnh bị nhiễu

Đầu ra : là một ảnh đã được khử nhiễu bằng một trong các kỹ thuật lọc không gian

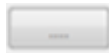
### 3.2. Phân tích, thiết kế chương trình


Áp dụng lý thuyết xử lý ảnh được trình bày ở 2 chương trên, em đã xây dựng một chương trình xử lý ảnh đơn giản bằng MATLAB 7.11(R2004b). Chương trình này thực hiện giải quyết các bài toán đơn giản trong xử lý ảnh là: lọc nhiễu ảnh

Dưới đây là giao diện chính của chương trình:

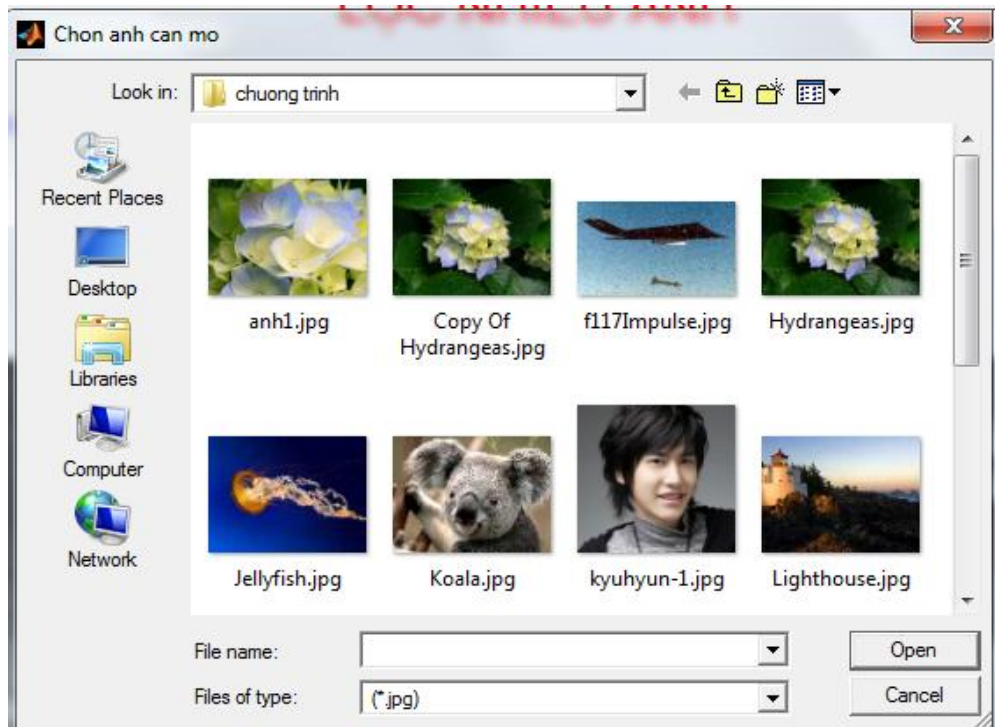


**Hình 3.1. Giao diện chính của chương trình**

- Nút  : lấy tên và hiển thị hình ảnh đầu vào.

- Nút  : Thực hiện chức năng khử nhiễu cho ảnh

### 3.3. Một số kết quả chương trình



Hình 3.2. Mở ảnh



Hình 3.3. Kết quả khi thực hiện lọc nhiễu ảnh



## KẾT LUẬN

Trong thời gian nghiên cứu và làm đồ án, em đã hoàn thành nhiệm vụ đề ra. Như đã trình bày ở trên, em đã tìm hiểu về phương pháp nâng cấp ảnh dựa vào các kỹ thuật lọc trong miền không gian và đạt được một số kết quả sau:

- Tìm hiểu khái quát về xử lý ảnh và nâng cao chất lượng ảnh trong miền không gian
- Phương pháp nâng cấp ảnh dựa trên các kỹ thuật lọc trong miền không gian:
  - Tìm hiểu về các phép toán dựa trên láng giềng, lọc không gian
  - Phép toán làm trơn, tách cạnh, các phép toán tương quan và cuộn
  - Các phép toán tăng cường độ sắc nét của ảnh: đạo hàm bậc nhất, bậc hai và kết hợp
- Viết được chương trình thử nghiệm  
Bên cạnh những kết quả đã đạt được, trong đồ án của em còn có những vấn đề mà đến thời điểm này chưa giải quyết được
  - Phạm vi bài toán nhỏ
  - Kết quả của chương trình chỉ thực hiện với một phương pháp lọc

Trong thời gian tới em sẽ tiếp tục nghiên cứu để hoàn thiện tiếp những phần còn tồn tại trên để xây dựng đồ án hoàn chỉnh hơn để kết quả của đồ án có thể làm tài liệu giúp cho việc nghiên cứu, tìm hiểu về lý thuyết xử lý ảnh được trực quan, sinh động hơn.

Trong thời gian làm đồ án tốt nghiệp, với sự cố gắng nỗ lực của bản thân, sự giúp đỡ tận tình của thầy giáo, PGS TS Ngô Quốc Tạo. Đến nay đồ án đã hoàn thành. Tuy vậy, do còn hạn chế về kiến thức và kinh nghiệm nên đồ án không tránh khỏi những thiếu sót. Rất mong được sự góp ý của thầy cô và bạn bè.

## **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

### ***Tài liệu tham khảo tiếng Việt***

- [1]. TS. Đỗ Năng Toàn, TS. Phạm Việt Bình (2007) - Giáo Trình Môn Học Xử Lý Ảnh, trường ĐH thái nguyên, khoa CNTT
- [2]. PGS. Nguyễn Quang Hoan (2006)- Giáo Trình Xử Lý Ảnh, học viện công nghệ bưu chính viễn thông
- [3]. Lương Mạnh Bá, Nguyễn Thanh Thủy (2003)- Nhập Môn Xử Lý Ảnh Số, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật

### ***Tài liệu tham khảo tiếng Anh***

- [1] Rafael C.Gonzalez & Richard E.Woods, “ Digital Image Processing”, Addison-Wesley, 2002

### ***Một số trang web:***

<http://luanvan.net.vn/luan-van/do-an-tim-hieu-mot-so-ky-thuat-nang-cao-chat-luong-anh-va-ung-dung-31685/>

<http://bogiaoduc.edu.vn/cong-nghe-thong-tin-37/phuong-phap-loc-nhieu-lam-tron-anh-nham-nang-cao-chat-luong-anh-phuc-vu-cho-giai-doan-tien-xu-ly-anh-12353/>