

Chương 4

NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG ẢNH

Nâng cao chất lượng ảnh (image enhancement) là xử lý ảnh để cho ảnh đầu ra thích hợp hơn so với ảnh gốc nhằm một số ứng dụng đặc biệt. Có hai cách tiếp cận để nâng cao chất lượng ảnh là

- (1) Các phương pháp miền không gian; và
- (2) Các phương pháp miền tần số.

Trong miền không gian, nguyên tắc chung là sử dụng các giá trị xám của pixel trong ảnh. Xử lý trong miền tần số dựa trên phương pháp biến đổi Fourier của một ảnh. Kỹ thuật nâng cao chất lượng ảnh dựa trên cơ sở kết hợp nhiều phương pháp của hai miền không gian và tần số.

4.1 Cơ sở của nâng cao chất lượng ảnh

Các phương pháp nâng cao chất lượng ảnh trong chương này dựa trên các kỹ thuật miền không gian hoặc miền tần số. Mục đích của phần này cung cấp những ý tưởng cơ bản và mối liên hệ giữa hai cách tiếp cận này.

4.1.1 Phương pháp miền không gian

Các phương pháp miền không gian tác động trực tiếp lên tập các pixel trong ảnh. Các hàm xử lý ảnh trong miền không gian được biểu diễn bởi

$$g(x, y) := T[f(x, y)],$$

trong đó $f(x, y)$ là ảnh vào, $g(x, y)$ là ảnh ra và T là toán tử tác động lên hàm ảnh f . Toán tử T có thể tác động trên nhiều ảnh vào, chẳng hạn như cộng các giá trị xám của các pixel trong tập ảnh vào để giảm nhiễu. Ta cũng có thể tính hiệu của hai hàm ảnh $f(x, y)$ và $h(x, y)$

$$g(x, y) := f(x, y) - h(x, y)$$

nhận được bằng cách tính hiệu giữa tất cả các cặp pixel tương ứng của f và h . Trừ ảnh có một số ứng dụng quan trọng trong phân đoạn ảnh và nâng cao chất lượng ảnh.

Cách tiếp cận chính được dùng trong lân cận (xác định trước) của (x, y) là sử dụng một vùng ảnh con hình chữ nhật tâm đặt tại (x, y) . Tâm của ảnh con này được di chuyển theo các pixel (x, y) (khởi đầu từ góc trên bên trái) và áp dụng toán tử T lên điểm (x, y) .

Dạng đơn giản nhất của T khi lân cận có kích thước 1×1 . Trong trường hợp này, g chỉ phụ thuộc vào giá trị của f tại (x, y) và T trở thành *phép biến đổi mức xám*

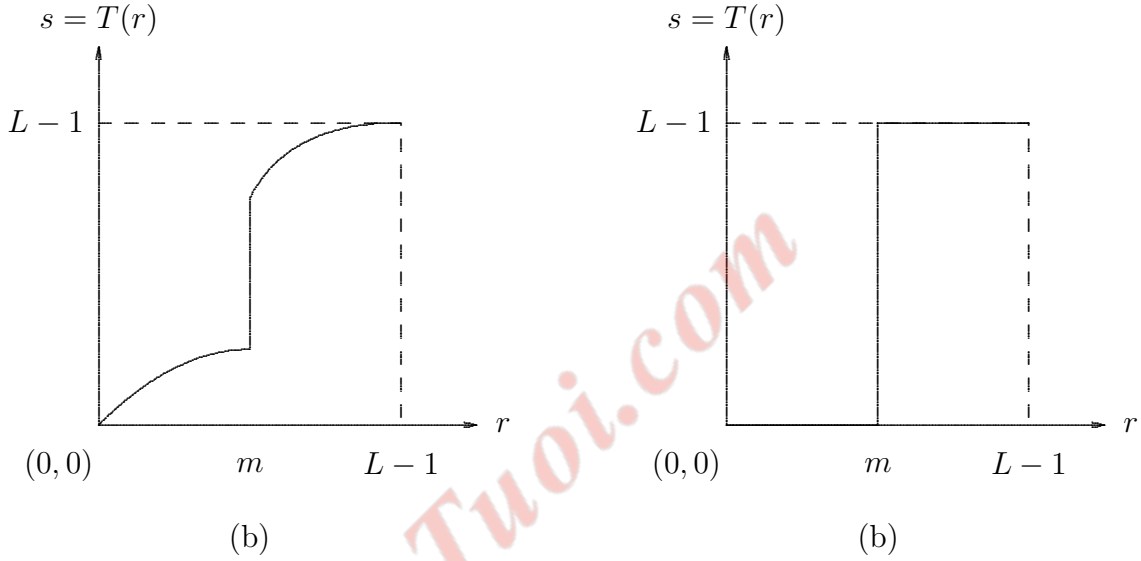
$$s = T(r),$$

trong đó ký hiệu r, s là các giá trị xám của f và g tại vị trí (x, y) . Vì nâng cao chất lượng ảnh tại một điểm nào đó trong ảnh chỉ phụ thuộc vào mức xám tại điểm đó, nên cách tiếp cận này được gọi là *xử lý điểm*.

Ví dụ 4.1.1 (i) $T(r)$ trong Hình 4.1(a) có tác dụng tạo một ảnh có độ tương phản cao hơn ảnh gốc bằng cách làm đen các mức $< m$, và làm sáng lên các mức $> m$ trong ảnh gốc. Kỹ thuật này được gọi là *dẫn độ tương phản*.

(ii) $T(r)$ trong Hình 4.1(b) có tác dụng tạo một ảnh nhị phân.

Các lân cận lớn hơn cũng thường được sử dụng nâng cao chất lượng ảnh. Giá trị của g tại (x, y) được xác định thông qua các giá trị của f trong lân cận của (x, y) . Một trong những nguyên tắc đó dựa trên cơ sở của *mặt nạ* (mask) (còn gọi là *cửa*



Hình 4.1: Đồ thị các hàm biến đổi mức xám để nâng cao độ tương phản.

số (window) hoặc lọc (filter)). Về cơ bản, một mặt nạ là một mảng hai chiều có kích thước nhỏ (chẳng hạn, kích thước 3×3), mà các hệ số được chọn để phát hiện các tính chất đã cho của ảnh. Chẳng hạn, giả sử ảnh f có cường độ sáng hằng chứa một điểm cô lập (cường độ sáng tại đó khác nền). Điểm này có thể bị xóa bằng cách sử dụng mặt nạ

$$W := \begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{pmatrix}.$$

Thuật toán như sau: Tâm của mặt nạ (gán nhãn 8) được di chuyển xung quanh ảnh. Tại mỗi vị trí (x, y) trong ảnh, ta nhân mỗi giá trị xám của pixel được chứa trong vùng mặt nạ với các hệ số của mặt nạ; tức là pixel tâm của mặt nạ được nhân với 8, trong khi 8 pixel lân cận được nhân với -1 . Đáp ứng của mặt nạ tại (x, y) bằng tổng các tích này. Nếu tất cả các pixel trong vùng có cùng giá trị, đáp ứng bằng không. Mặt khác, nếu tâm của mặt nạ đặt tại điểm cô lập, đáp ứng sẽ khác không. Nếu điểm cô lập đặt gần (nhưng khác) tâm, đáp ứng cũng khác không, nhưng giá trị tuyệt đối của đáp ứng sẽ yếu hơn. Các đáp ứng yếu hơn này sẽ bị khử bằng cách so sánh với ngưỡng nào đó.

Như trong Hình 4.2, nếu w_1, w_2, \dots, w_9 là các hệ số của mặt nạ và khảo sát 8—lân cận của (x, y) , ta có thể tổng quát hoá thuật toán trên như việc thực hiện phép toán

$$\begin{array}{ccccccc}
& & & \vdots & & & \\
& & z_1 & z_2 & z_3 & & w_1 & w_2 & w_3 \\
\cdots & z_4 & z_5 & z_6 & \cdots & & w_4 & w_5 & w_6 \\
& z_7 & z_8 & z_9 & & & w_7 & w_8 & w_9 \\
& & & \vdots & & & & &
\end{array}$$

(a) (b)

Hình 4.2:

sau:

$$\begin{aligned}
T[f(x, y)] := & w_1 f(x-1, y-1) + w_2 f(x-1, y) + w_3 f(x-1, y+1) + \\
& w_4 f(x, y-1) + w_5 f(x, y) + w_6 f(x, y+1) + \\
& w_7 f(x+1, y-1) + w_8 f(x+1, y) + w_9 f(x+1, y+1)
\end{aligned} \tag{4.1}$$

trên lân cận 3×3 của (x, y) . Các mặt nạ kích thước lớn hơn được áp dụng tương tự.

Chú ý rằng, trong biểu thức (4.1) việc thay đổi các hệ số của mặt nạ sẽ thay đổi chức năng của mặt nạ. Các phương pháp nâng cao chất lượng ảnh dựa vào mặt nạ thường gọi là *xử lý mặt nạ* hoặc *lọc*. Trong các phần sau ta sẽ xét các mặt nạ nhằm phục hồi ảnh, phân đoạn ảnh...

4.1.2 Phương pháp miền tần số

Cơ sở của các phương pháp xử lý ảnh trong miền tần số dựa trên định lý tích chập. Xét *toán tử bất biến vị trí, tuyến tính* Φ tương ứng với *hàm phân tán điểm* $h_\Phi(x, y)$ tác động trên ảnh f . Khi đó ảnh đầu ra

$$g(x, y) := [\Phi(f)](x, y) = h_\Phi(x, y) * f(x, y).$$

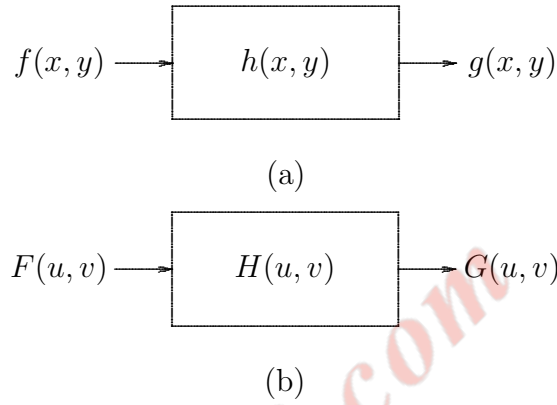
Do đó, theo định lý tích chập:

$$G(u, v) = H(u, v)F(u, v),$$

trong đó G, H, F là các biến đổi Fourier của g, h_Φ, f tương ứng.

Vấn đề là với hàm ảnh f đã cho, mục tiêu là chọn H để được ảnh mong muốn

$$g(x, y) = \mathcal{F}^{-1}[H(u, v)F(u, v)]. \tag{4.2}$$



Hình 4.3: Thao tác của hệ thống tuyến tính. Trong (a) tín hiệu ra là tích chập của $h(x, y)$ với tín hiệu vào. Trong (b) tín hiệu ra là tích của $H(u, v)$ với tín hiệu vào.

Ví dụ các đường biên trong ảnh $f(x, y)$ được làm nổi bằng cách dùng hàm $H(u, v)$ làm nổi các thành phần có tần số cao của $F(u, v)$.

Trong Hình 4.3(a), hàm $h(x, y)$ đặc trưng cho hệ thống mà chức năng của nó là tạo ra tín hiệu $g(x, y)$ từ tín hiệu vào $f(x, y)$. Hệ thống thực hiện tích chập của $h(x, y)$ với ảnh vào $f(x, y)$ và xuất ra kết quả. Theo định lý tích chập, có thể thực hiện tiến trình này theo cách khác: nhân $F(u, v)$ với $H(u, v)$ để có $G(u, v)$ và sau đó biến đổi Fourier ngược.

Giả sử rằng hàm $h(x, y)$ chưa biết và chúng ta áp dụng một hàm xung đơn vị (tức là một điểm sáng) lên hệ thống. Biến đổi Fourier của xung đơn vị bằng 1 nên $G(u, v) = H(u, v)$. Do đó biến đổi ngược của $G(u, v)$ là $h(x, y)$. Đây là một kết quả đã biết trong lý thuyết hệ thống tuyến tính: Một hệ thống tuyến tính bất biến vị trí hoàn toàn được xác định bởi đáp ứng xung của hệ thống đối với một xung. Tức là, biến đổi Fourier của hàm xung đơn vị áp dụng đối với hệ thống tuyến tính bất biến vị trí chính là hàm $H(u, v)$. Ta cũng có thể tác động xung trực tiếp để có tín hiệu ra $h(x, y)$. Vì lý do này trong lý thuyết hệ thống tuyến tính, biến đổi ngược $h(x, y)$ của hàm chuyển đổi hệ thống gọi là *đáp ứng xung*. Trong quang học, biến đổi ngược $h(x, y)$ của hàm biến đổi quang học gọi là *hàm phân tán điểm*. Việc đặt tên dựa trên ảnh hưởng quang học ở đó xung tương ứng với điểm sáng và hệ thống quang học phản ứng làm nhoè (phân tán) điểm; mức độ nhoè xác định bởi các thành phần quang học. Do vậy hàm biến đổi quang học và hàm phân tán điểm là các biến đổi Fourier của nhau. Mối quan hệ này sẽ được khảo sát trong Phần 4.3.

Chú ý rằng, biểu thức (4.2) chính là xử lý miền không gian tương tự việc sử dụng các mặt nạ xét trong phần trước. Vì lý do này, các mặt nạ không gian thường