

Xử lý ảnh – Image processing

Chương 3: Lọc ảnh trong miền không gian (spatial filters)

Nội dung

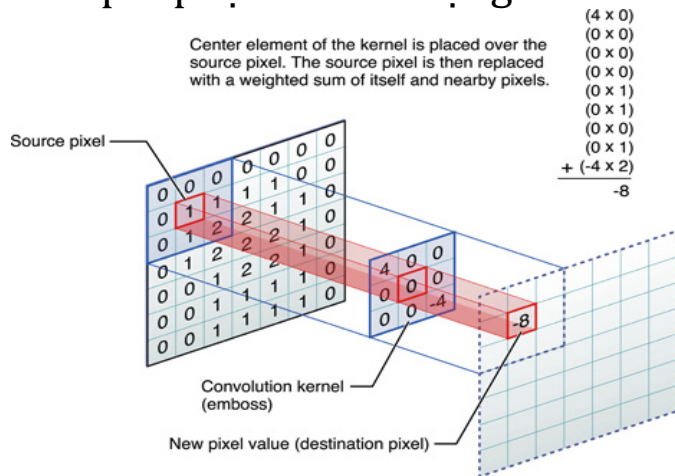
- ▶ Tổng quan
- ▶ Phép nhân chập
- ▶ Phép lọc làm mịn ảnh
 - ▶ Lọc trung bình
 - ▶ Lọc trung vị
 - ▶ Lọc Gauss
 - ▶ Lọc song phương
- ▶ Phép lọc làm sắc nét ảnh
 - ▶ Làm sắc nét tuyến tính
 - ▶ Một số nhân lọc chuyên dụng
 - ▶ Đạo hàm của ảnh

Tổng quan

- ▶ Lọc ảnh trong miền không gian (spatial filter) là thao tác biến đổi ảnh bằng cách áp dụng 1 ma trận gọi là nhân (kernel) hay mặt nạ (mask) lên 1 lân cận tại tất cả các vị trí điểm ảnh để cải thiện chất lượng của bức ảnh theo một tiêu chí nào đó: lọc nhiễu, tăng cường độ sắc nét, độ sáng ...
- ▶ Tên gọi của các phép lọc này là **miền không gian** là do khi thực hiện phép lọc, phải di chuyển qua toàn bộ miền không gian của ảnh (vị trí các điểm ảnh).
- ▶ Mục tiêu chính của việc lọc ảnh là lọc nhiễu hoặc tăng cường các tính chất của ảnh.

Phép nhân chập (convolution)

- ▶ Nhân chập là thao tác cơ bản để thực hiện các bộ lọc trong miền không gian: tại mỗi vị trí điểm ảnh của ảnh input, tính tổng tích của các điểm ảnh lân cận nằm trong nhân với các giá trị phần tử của nhân và gán cho vị trí tương ứng của ảnh output.
- ▶ Nhân của phép nhân chập là một ma trận các số thực được thiết kế theo các quy tắc để phục vụ cho mục đích của phép lọc ảnh sử dụng nhân đó.



Phép nhân chập – cơ chế bù điểm ảnh (padding)

- ▶ Tại các vị trí biên của ảnh, việc áp dụng phép nhân chập đòi hỏi phải thực hiện thao tác bù (padding) cho ảnh input bằng các giá trị giả (artificial). Có 3 cơ chế áp dụng phép nhân chập:
 - ▶ valid: chỉ áp dụng phép nhân chập tại các điểm hợp lệ có thể áp dụng được, ảnh output sẽ nhỏ hơn ảnh input.
 - ▶ same: ảnh input sẽ được bù các điểm ảnh để áp dụng phép nhân chập tại các vị trí biên, kích thước ảnh output = ảnh input.
 - ▶ full: ảnh input sẽ được bù các điểm ảnh để áp dụng phép nhân chập tại các vị trí bù bằng với kích thước nhân, ảnh output có kích thước lớn hơn ảnh input.
 - ▶ Cơ chế valid và same hay được dùng nhất.

Phép nhân chập – cơ chế bù điểm ảnh (padding)

- ▶ Nguyên tắc thêm các điểm bù cho ảnh:
 - ▶ cùng 1 giá trị $(0, 255)$.
 - ▶ đối xứng với ảnh input qua biên

Phép lọc làm mịn ảnh – Bộ lọc trung bình (mean/box filter)

- ▶ Nhân của phép lọc là 1 cửa sổ kích thước là $W \times H$ (W, H là các số lẻ). Tại mỗi vị trí điểm ảnh input, tính giá trị trung bình của các điểm ảnh thuộc lân cận bao bởi nhân của phép lọc và gán cho giá trị ở vị trí điểm ảnh output tương ứng.
- ▶ Tác dụng:
 - ▶ Lọc nhiễu (noise removing)
 - ▶ Làm mịn ảnh
- ▶ Đặc điểm
 - ▶ đơn giản, thực hiện nhanh
 - ▶ tạo ra các giá trị không thật
 - ▶ mức độ làm mịn hạn chế

Bộ lọc trung vị (median filter)

- ▶ Phần tử trung vị (median element): là phần tử ở vị trí trung tâm của tập giá trị sau khi đã sắp xếp theo thứ tự.
- ▶ Ví dụ với tập các điểm nằm trong 1 nhân 3x3 như hình dưới thì giá trị trung vị sẽ là 7 (1, 2, 4, 6, 7, 9, 19, 20, 28).

28	19	20
4	2	7
1	9	6

Bộ lọc trung vị (median filter)

- ▶ Phép lọc trung vị sử dụng 1 cửa sổ (nhân) kích thước $W \times H$ và di chuyển qua các điểm ảnh của ảnh input, tại mỗi vị trí, tính giá trị trung vị của các điểm ảnh nằm trong cửa sổ lọc và gán cho điểm ảnh output tương ứng.
- ▶ Ví dụ với ảnh sau và bộ lọc kích thước 3×3 thì ta sẽ có kết quả như hình dưới (chỉ xét các điểm hợp lệ):

28	19	20	57
4	2	7	80
1	9	6	100
200	35	8	80

	7	19	
	7	9	

Bộ lọc trung vị (median filter)

- ▶ Phép lọc trung vị đặc biệt có hiệu quả khi loại bỏ các nhiễu muối tiêu (salt and pepper) vì lọc trung vị sẽ loại bỏ các giá trị cực trị khỏi ảnh input. Phép lọc trung vị giữ lại các giá trị thật của ảnh input.
- ▶ Tác dụng làm mịn có nhưng không mạnh.
- ▶ Phép lọc trung vị chậm hơn so với lọc trung bình vì cần phải sắp xếp để tìm các giá trị trung vị.



Bộ lọc Gauss (Gaussian filter)

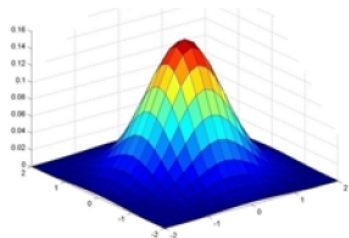
- ▶ Các giá trị của nhân lọc Gauss được sinh theo công thức phân bố chuẩn (Gauss) như sau:

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

- ▶ Trong đó σ là hằng số còn (x, y) là vị trí trong nhân tương ứng (tính từ vị trí trung tâm của nhân là 0,0).

Bộ lọc Gauss (Gaussian filter)

- ▶ Hình ảnh và giá trị của 1 nhân Gauss (Gaussian kernel) có kích thước 5x5:



0.003	0.013	0.022	0.013	0.003
0.013	0.059	0.097	0.059	0.013
0.022	0.097	0.159	0.097	0.022
0.013	0.059	0.097	0.059	0.013
0.003	0.013	0.022	0.013	0.003

5 x 5, $\sigma = 1$

Bộ lọc Gauss (Gaussian filter)

- ▶ Phép lọc Gauss được thực hiện bằng cách áp dụng phép nhân chập 1 nhân Gauss với ảnh input.
- ▶ Bộ lọc Gauss là bộ lọc nhiễu tốt nhất, cho kết quả ảnh mịn (smooth) tốt nhất (tự nhiên nhất).
- ▶ Bộ lọc Gauss sử dụng phép nhân chập được cài đặt sẵn trong các thư viện, nền tảng lập trình – rất nhanh.



Bộ lọc song phương (Bilateral filter)

- ▶ Bộ lọc song phương kết hợp một bộ lọc tuyến tính với các trọng số dựa trên quan hệ của mỗi điểm ảnh với các điểm lân cận của nó và loại bỏ các điểm có giá trị màu sắc quá xa so với điểm đang xét. Cụ thể, mỗi điểm ảnh output sẽ được tính dựa vào các điểm lân cận theo công thức sau:

$$g(i, j) = \frac{\sum_{k,l} f(k, l) * r(i, j, k, l) * I(i, j)}{\sum_{k,l} w(i, j, k, l)}$$

- ▶ Trong đó $w(i, j, k, l)$ là các trọng số được tính dựa trên hai giá trị là trọng số không gian $s(i, j, k, l)$:

$$s(i, j, k, l) = \exp\left(-\frac{(i - k)^2 + (j - l)^2}{2\sigma_s^2}\right)$$

Bộ lọc song phương (Bilateral filter)

- ▶ Giá trị thứ hai là tương quan về giá trị của mỗi điểm ảnh $r(I, j, k, l)$:

$$r(i, j, k, l) = \exp\left(-\frac{\|f(i, j) - f(k, l)\|^2}{2\sigma_r^2}\right)$$

$$w(i, j, k, l) = s(i, j, k, l) * r(i, j, k, l) = \exp\left(-\frac{(i - k)^2 + (j - l)^2}{2\sigma_s^2} - \frac{\|f(i, j) - f(k, l)\|^2}{2\sigma_r^2}\right)$$

- ▶ Bộ lọc Bilateral là một bộ lọc mới có 2 tác dụng: lọc nhiễu và giữ lại được các chi tiết sắc nét của ảnh nhiều hơn nên còn gọi là edge reserved filter. Nhược điểm của bộ lọc song phương là phải tính toán nhiều nên chậm.

Bộ lọc song phương (Bilateral filter)



Phép lọc làm sắc nét ảnh – Bộ lọc tuyến tính (linear sharpen)

- ▶ Dựa vào nguyên lý xử lý tín hiệu: làm mờ ảnh là loại bỏ các tín hiệu ở tần số cao (các chi tiết sắc nét của ảnh) nên nếu áp dụng ngược (1 – bộ lọc làm mờ) thì sẽ nhận được ảnh tăng cường các tần số cao (ảnh nét hơn) và giảm bớt các tần số thấp. Công thức:

$$I_{\text{sharp}} = I + \gamma(I - I_{\text{smooth}}) = (1+\gamma)I - \gamma I_{\text{smooth}}$$

- ▶ Thường $\gamma = 0.5$ và I_{smooth} là ảnh kết quả nhận được bằng cách áp dụng 1 bộ lọc làm mịn ảnh.

Phép lọc làm sắc nét ảnh – Bộ lọc tuyến tính (linear sharpen)

- ▶ Bộ lọc làm sắc nét tuyến tính ngoài việc làm ảnh sắc nét hơn còn có tác dụng loại bỏ các quầng sáng (halos) do bị ảnh hưởng bởi điều kiện chụp nên hay được dùng trong các thiết bị thu nhận ảnh số.



Phép lọc làm sắc nét ảnh – Sử dụng các nhân lọc khác

- ▶ Có thể áp dụng phép nhân chập 1 ảnh với 1 nhân để làm mờ ảnh hay sắc nét ảnh: Các bộ lọc làm mờ ảnh có các giá trị của nhân là không âm và có giá trị trung bình bằng 1, ví dụ:

0	0	0	0
0	1/4	1/4	0
0	1/4	1/4	0
0	0	0	0

- ▶ Còn các nhân có phần tử của nhân là âm thì sẽ có tác dụng làm sắc nét ảnh, ví dụ:

-1	-1	-1
-1	9	-1
-1	-1	-1

1	1	1
1	-7	1
1	1	1

Nhân tạo hiệu ứng chạm nổi (emboss blur)

-1	-1	0
-1	0	1
0	1	1

-2	-1	0
-1	1	1
0	1	2

-1	-1	-1	-1	0
-1	-1	-1	0	1
-1	-1	0	1	1
-1	0	1	0	1
0	1	1	1	1

Nhân tạo hiệu ứng motion blur (ảnh bị mờ do di chuyển)

1/9

1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1

Đạo hàm của ảnh (image gradient)

- ▶ Đạo hàm của ảnh được tính bằng kết quả của phép nhân chập với các nhân dùng để tính đạo hàm: Sobel, Prewitt, Roberts (Tổng các phần tử trong nhân để lấy đạo hàm đều bằng 0).

X-direction	Y-direction								
<table><tr><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>-1</td></tr></table>	1	0	0	-1	<table><tr><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>-1</td><td>0</td></tr></table>	0	1	-1	0
1	0								
0	-1								
0	1								
-1	0								

Roberts operator

-1	0	1
-1	0	1
-1	0	1

-1	-1	-1
0	0	0
1	1	1

Prewitt operator

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

Sobel operator

Bài tập

- ▶ Bài 1: Viết chương trình đọc 1 thư mục ảnh, thực hiện bộ lọc trung bình và hiển thị kết quả thực hiện, có ghi các file kết quả vào 1 thư mục khác.
- ▶ Bài 2: Viết chương trình đọc 1 file ảnh, thêm các nhiễu muối tiêu (pepper and salt noise), thực hiện bộ lọc trung vị sau đó hiển thị kết quả.
- ▶ Bài 3: Viết chương trình đọc 1 file video, thực hiện lọc các frame ảnh bằng bộ lọc Gaussian và hiển thị video kết quả, ghi file video.
- ▶ Bài 4: Viết chương trình tính đạo hàm của ảnh theo các bộ lọc đã cho.
- ▶ Bài 5: Viết chương trình thực hiện làm sắc nét ảnh theo bộ lọc tuyến tính.

Question?