

Xử lý ảnh số

Các phương pháp cải thiện chất lượng ảnh

Chương trình dành cho kỹ sư CNTT
Nguyễn Linh Giang

Các phương pháp cải thiện chất lượng ảnh

- Tổng quan các phương pháp cải thiện chất lượng ảnh;
- Các phương pháp trên điểm;
- Biến đổi Histogram;
- Các phép toán trên miền không gian;
- Lọc ảnh;
- Giả màu.

Lọc ảnh

- Khái niệm nhiễu;
- Các phép lọc trên miền không gian;
- Các phép lọc trên miền tần số.

Khái niệm tạp nhiễu

- Ảnh thường chịu biến dạng do nhiễu ngẫu nhiên;
- Nhiễu xuất hiện trong quá trình thu nhận ảnh, truyền tin hoặc trong quá trình xử lý;
- Nhiễu có thể phụ thuộc hoặc độc lập với nội dung ảnh;
- Nhiễu thường được biểu diễn bằng các thuộc tính thống kê;

Khái niệm tạp nhiễu

- Nhiễu trắng:
 - Là nhiễu có phổ năng lượng không đổi;
 - Cường độ nhiễu trắng không đổi khi tần số tăng;
 - Thông thường nhiễu trắng được sử dụng để xấp xỉ thô tạp nhiễu trong nhiều trường hợp;
 - Hàm tự tương quan của nhiễu trắng là hàm δ -ta. Như vậy nhiễu trắng không tương quan tại hai mẫu bất kỳ;
 - Sử dụng nhiễu trắng là mô hình nhiễu đơn giản nhất và có lợi về mặt tính toán.

Khái niệm tạp nhiễu

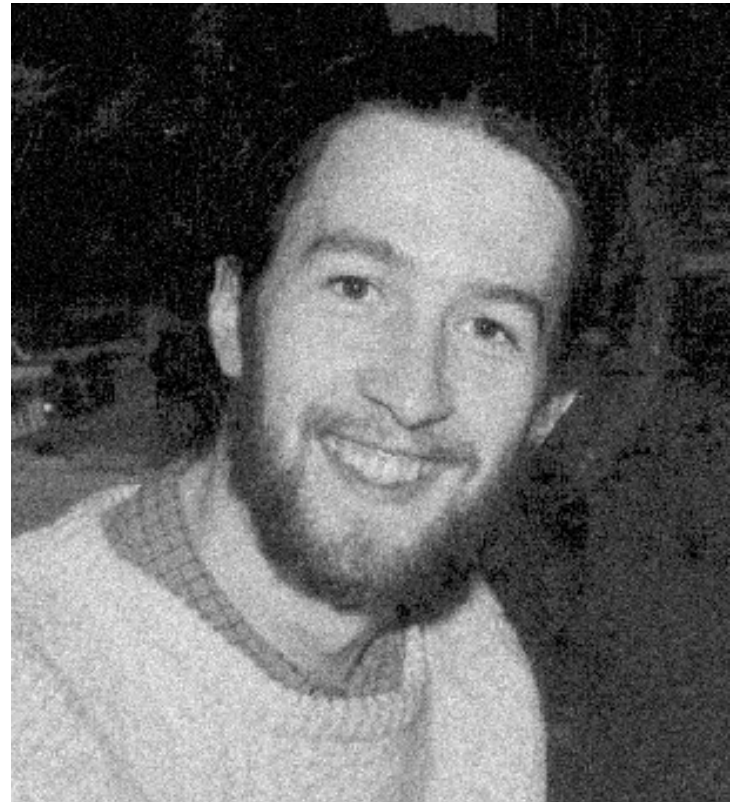
– Nhiễu Gauss

- Là trường hợp đặc biệt;
- Nhiễu Gauss là dạng xấp xỉ nhiễu tốt trong nhiều trường hợp thực tế;
- Mật độ phân bố xác suất của nhiễu được đặc trưng bằng hàm Gauss;
- Trong trường hợp một chiều, nhiễu Gauss được đặc trưng bằng giá trị trung bình μ và độ lệch tiêu chuẩn của biến ngẫu nhiên (phương sai σ^2)

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

Khái niệm tạp nhiễu

- Ảnh chịu ảnh hưởng của nhiễu Gauss với trị trung bình không và phương sai bằng 13:



Khái niệm tạp nhiễu

– Một số dạng ảnh hưởng nhiễu:

- Nhiễu cộng:

$$f(m, n) = g(m, n) + v(m, n)$$

trong đó nhiễu $v(m, n)$ độc lập thống kê với tín hiệu;

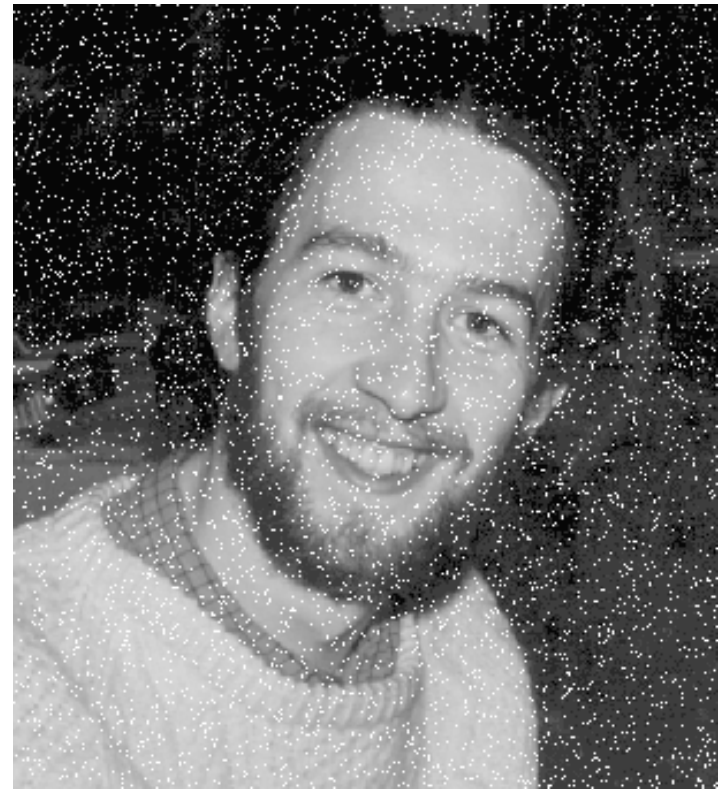
- Nhiễu nhân: nhiễu là hàm của biên độ tín hiệu

$$\begin{aligned} f(m, n) &= g(m, n) + v(m, n)g(m, n) = \\ &= g(m, n)(1 + v(m, n)) = \\ &= g(m, n)n(m, n) \end{aligned}$$

- Nhiễu xung: khi trên ảnh xuất hiện các điểm nhiễu riêng biệt có độ sáng khác biệt lớn so với các điểm lân cận;
- Nhiễu dạng muối tiêu: xuất hiện khi ảnh bị bão hòa bởi nhiễu xung. Khi đó ảnh sẽ bị ảnh hưởng của các điểm nhiễu đen trắng.

Khái niệm tạp nhiễu

- Ví dụ nhiễu dạng muối tiêu: với tỷ lệ nhiễu là 1% và 5% tương ứng. Giá trị của các điểm ảnh trong khoảng $[0, 255]$.



Các phép lọc trên miền không gian

- Các phép lọc:
 - Bộ lọc trên miền không gian: mặt nạ lọc;
 - Lọc làm trơn;
 - Lọc trung bình;
 - Lọc trung bình theo hướng
 - Lọc trung vị;
 - Lọc làm nét ảnh:
 - Lọc đạo hàm bậc 1;
 - Lọc đạo hàm bậc 2.

Các phép lọc trên miền không gian

- Mặt nạ không gian

- Mặt nạ không gian biểu diễn bộ lọc có đáp ứng xung hữu hạn hai chiều (2-D FIRF);
- Các dạng mặt nạ thông dụng có kích thước 2x2, 3x3, 5x5, 7x7;
- Phép lọc được xác định bằng cách lấy tổng chập hàm lọc với hình ảnh

$$v(m,n) = \sum s(m-k, n-l) h(k,l)$$

- Biểu diễn trên miền tần số:

$$V(k, l) = S(k, l) \times H(k, l)$$

- Các ứng dụng:

- Lọc làm trơn: lọc thấp;
- Lọc làm nét: lọc cao

w_1	w_2	w_3
w_4	w_5	w_6
w_7	w_8	w_9

Các phép lọc trên miền không gian

- Phương pháp lọc trung bình

- Mỗi điểm ảnh được thay thế bằng trung bình trọng số của các điểm lân cận:

$$v(m,n) = \sum_{(k,l) \in W} a(k,l) s(m-k, n-l)$$

- Nếu $a(k, l) = 1/N_W$, trong đó N_W là số điểm trong cửa sổ, ta có phương pháp lọc trung bình: giá trị mới của điểm ảnh thay bằng trung bình cộng của các điểm rơi vào cửa sổ W

$$v(m,n) = \frac{1}{N_W} \sum_{(k,l) \in W} s(m-k, n-l)$$

- Nếu mỗi điểm ảnh được thay thế bằng trung bình cộng của điểm đó với trung bình cộng của 4 điểm lân cận kề, ta có

$$v(m,n) = \frac{1}{2} \left[s(m,n) + \frac{1}{4} \{ s(m-1,n) + s(m+1,n) + s(m,n-1) + s(m,n+1) \} \right]$$

Các phép lọc trên miền không gian

- Lọc trung bình là lọc làm trơn nhiều:

$$x(m,n) = s(m,n) + \eta(m,n)$$

- $\eta(m,n)$ - nhiễu trắng với giá trị trung bình không và phương sai σ_η^2 .
- Một số dạng mặt nạ bộ lọc:

$$\begin{array}{c|c|c|c} & l & 0 & 1 \\ \hline k & & & \\ \hline 0 & \downarrow \frac{1}{4} & 1 & 1 \\ 1 & & 1 & 1 \end{array}$$

$$\begin{array}{c|c|c|c|c} & l & -1 & 0 & 1 \\ \hline k & & & & \\ \hline -1 & \downarrow \frac{1}{9} & 1 & 1 & 1 \\ 0 & & 1 & 1 & 1 \\ 1 & & 1 & 1 & 1 \end{array}$$

$$\begin{array}{c|c|c|c|c} & l & -1 & 0 & 1 \\ \hline k & & & & \\ \hline -1 & \downarrow \frac{1}{8} & 0 & 1 & 0 \\ 0 & & 1 & 2 & 1 \\ 1 & & 0 & 1 & 0 \end{array}$$

Các phép lọc trên miền không gian

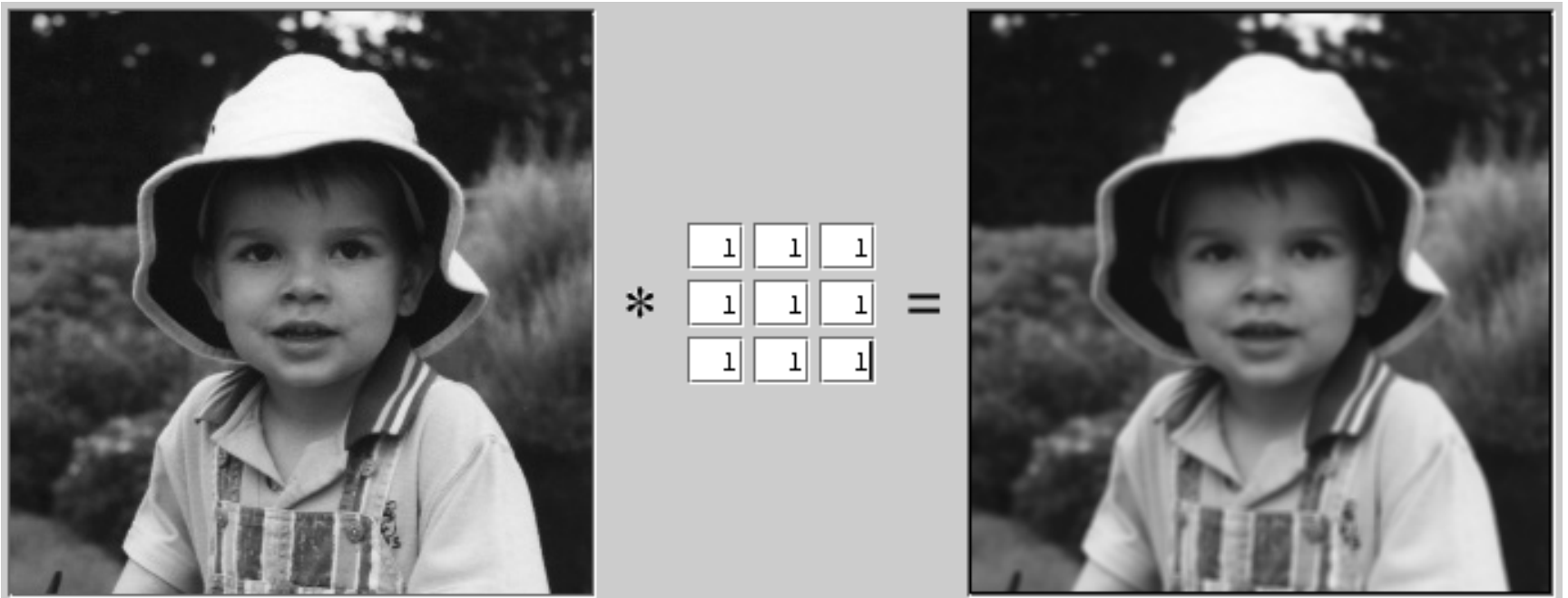
- Lọc trung bình không gian có dạng:

$$v(m, n) = \frac{1}{N_w} \sum \sum_{(k, l) \in W} s(m - k, n - l) + \bar{\eta}(m, n)$$

- Thành phần $\bar{\eta}(m, n)$ là trung bình không gian của nhiễu cộng và cũng có giá trị trung bình không, phương sai: $\bar{\sigma}_\eta^2 = \sigma_\eta^2 / N_w$
- Như vậy năng lượng nhiễu cũng giảm tỷ lệ với số điểm trong cửa sổ;

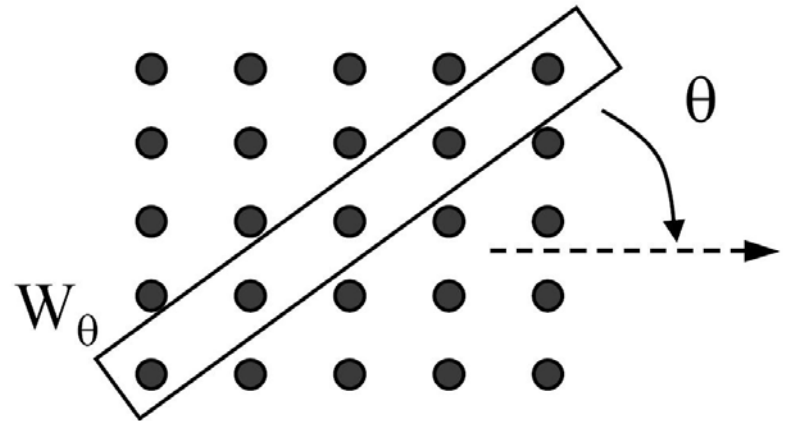
Các phép lọc trên miền không gian

- Nhược điểm:
 - Làm mờ đường nét trên ảnh
- Ví dụ:



Các phép lọc trên miền không gian

- Lọc trung bình theo hướng
 - Làm trơn nhiều dọc theo các đường nét;
 - Ngăn chặn làm trơn cắt ngang đường nét;
 - Làm trơn theo hướng
 - Tính phép lọc trung bình dọc theo một số hướng;
 - Lấy kết quả theo hướng sinh ra sự biến đổi nhỏ nhất trước và sau khi lọc;



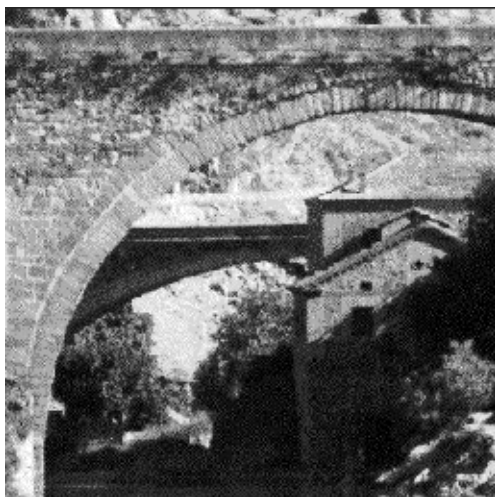
Các phép lọc trên miền không gian

- Lọc trung vị
 - Dùng trong trường hợp:
 - Xuất hiện các điểm nhiễu cô lập ngẫu nhiên dàn trải trên ảnh;
 - Lọc trung bình có thể làm ảnh bị mờ;
 - Phương pháp lọc trung vị:
 - Lấy điểm trung vị trong dãy được sắp các giá trị trong cửa sổ;
 - Lọc trung vị là lọc phi tuyến:
$$\text{Median}\{x(m) + y(m)\} \neq \text{Median}\{x(m)\} + \text{Median}\{y(m)\}$$
 - Thông thường cửa sổ có số điểm lẻ: 3x3, 5x5, 5 điểm +;
 - Cửa sổ có số điểm chẵn: lấy giá trị trung bình của 2 điểm ở giữa

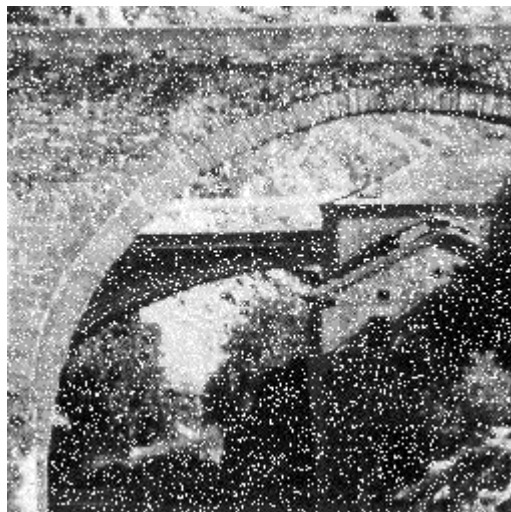
Các phép lọc trên miền không gian



Các phép lọc trên miền không gian



Ảnh ban đầu



Ảnh có nhiễu



Ảnh sau khi lọc trung vị 3x3



Lọc trung bình 5x5



Lọc trung vị 3x3, lặp 3 lần



Lọc trung vị 5x5

Các phép lọc trên miền không gian

- Lọc làm nét:
 - Mục đích:
 - Làm tăng cường các thành phần chi tiết thanh mảnh của ảnh;
 - Làm nét các thành phần chi tiết bị mờ, nhòe.
 - Phương pháp:
 - Các thành phần chi tiết thanh mảnh – đường nét tương ứng với các thành phần tần số cao;
 - Dùng các bộ lọc thông cao để tìm các thành phần tần số cao trong ảnh và làm nét ảnh;
 - Nhược điểm: khi làm nét các chi tiết thanh mảnh, các thành phần nhiễu cũng được làm tăng cường.

Các phép lọc trên miền không gian

– Các bước thực hiện:

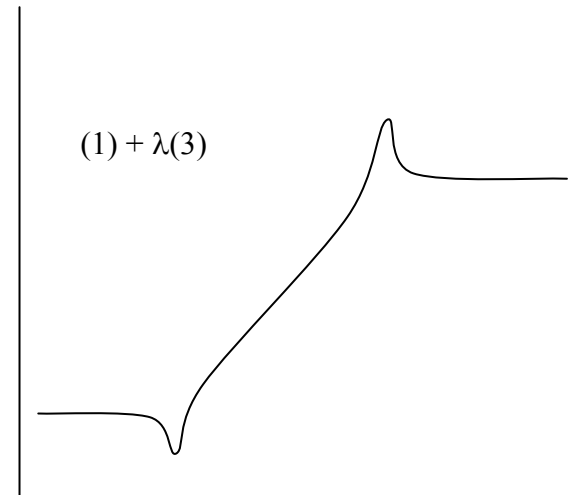
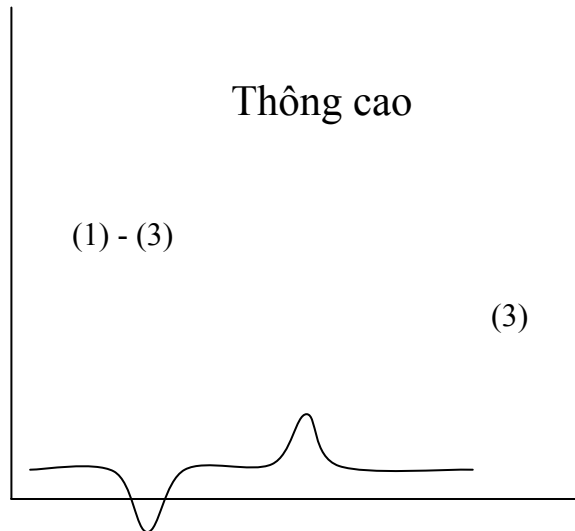
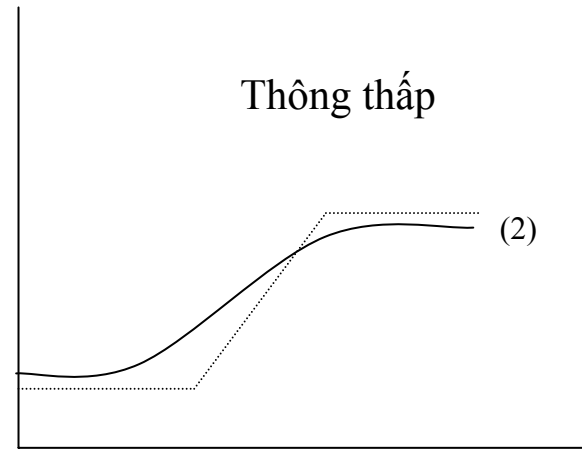
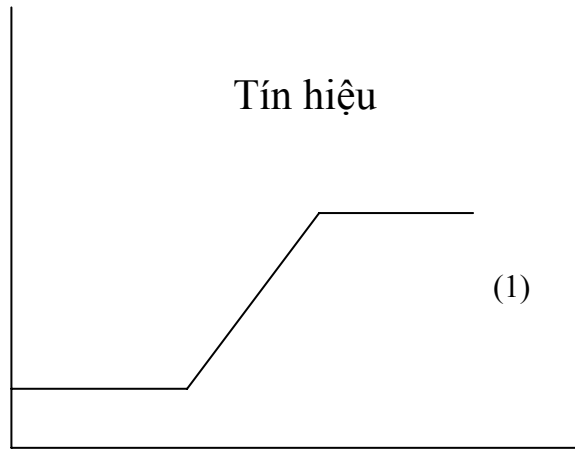
- Xác định đường nét: lọc các thành phần tần cao bằng các bộ lọc thông cao;
- Tăng cường đường nét trên ảnh: cộng các thành phần biến thiên nhanh vào ảnh – làm tăng cường các thành phần biến thiên nhanh.

$$v(m,n) = s(m,n) + \lambda g(m,n)$$

Trong đó $g(m, n)$ là thành phần biến thiên nhanh.

- Các thành phần biến thiên nhanh có thể được xác định bằng phương pháp đạo hàm(cấp 1 hoặc cấp 2)

Các phép lọc trên miền không gian



Các phép lọc trên miền không gian

– Tách các thành phần biến thiên nhanh:

- $G(m, n)$: gradient tại điểm (m, n) ;
- Đáp ứng xung của bộ lọc đạo hàm bậc hai Laplace:

$$g(m, n) = \Delta s(m, n) = s(m, n) - \frac{1}{4} [s(m-1, n) + s(m, n-1) + s(m+1, n) + s(m, n+1)]$$

- Đặc điểm của bộ lọc đạo hàm Laplace:
 - Đạo hàm bậc 2:

$$\Delta f(x, y) = \nabla(\nabla f(x, y)) = \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2}$$

- Các hệ số dương nằm gần tâm
- Các hệ số âm nằm ở vùng ngoài biên;
- Tổng các hệ số của bộ lọc bằng 0: không có thành phần DC;

Các phép lọc trên miền không gian

Bộ lọc đạo hàm bậc hai Laplace

$$H = \frac{1}{4} \begin{vmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{vmatrix}$$

