

**CƠ SỞ LÝ THUYẾT: CÁC PHÉP LỌC ẢNH NÂNG CAO**

**CƠ SỞ LÝ THUYẾT: CÁC PHÉP LỌC ẢNH NÂNG CAO**

**1. Lọc ảnh trong miền tần số**

**1.1 Lọc thông thấp (Low-pass Filter)**

**Nguyên lý**:  
Giữ lại thành phần tần số thấp (vùng mượt) và loại bỏ tần số cao (biên, chi tiết sắc nét).

**Công thức trong miền tần số**:

* : Hàm truyền đạt của bộ lọc
* : Biến đổi Fourier của ảnh gốc

**Loại lọc thông thấp**:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Loại | Công thức | Đặc điểm |
| **Lý tưởng** | H(u,v) = | Tạo "ringing artifact" do cắt đột ngột |
| **Gaussian** |  | Làm mờ mượt, không tạo artifact |

**Ví dụ**:

* Lọc Gaussian () trên ảnh văn bản → làm mờ chữ nhưng giữ nền.
* Ảnh y tế nhiễu hạt → giảm 70% nhiễu.

**1.2 Lọc thông cao (High-pass Filter)**

**Nguyên lý**:  
Tăng cường biên và chi tiết bằng cách giữ tần số cao, loại bỏ tần số thấp.

**Công thức**:

**Loại lọc thông cao**:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Loại | Kernel trong miền không gian | Ứng dụng |
| **Laplacian** |  | Phát hiện biên |
| **Butterworth** |  | Tăng độ sắc nét |

**Ví dụ**:

* Ảnh mờ → sau lọc thông cao làm nổi rõ vân tay.
* Kết hợp lọc thông thấp + thông cao:  
  *Isharpened = I + k.(I-Ilow-pass)*( → tăng độ tương phản 30%).

**2. Lọc Bilateral**

**Nguyên lý**: Kết hợp **lọc không gian** và **phạm vi cường độ**, bảo toàn biên.

**Công thức**:

* : Gaussian không gian (khoảng cách vật lý)
* : Gaussian phạm vi (khác biệt cường độ)
* : Hệ số chuẩn hóa[[5]](#fn5)[[2]](#fn2)[[6]](#fn6)

**Ví dụ**:

* Ảnh chân dung nhiễu (, ):
  + Giảm 90% nhiễu
  + Giữ nguyên nếp nhăn và tóc[[7]](#fn7)[[6]](#fn6)
* So sánh với Gaussian: Bilateral giữ biên rõ hơn 2 lần[[8]](#fn8).

**3. Lọc Non-Local Means (NLM)**

**Nguyên lý**: Khử nhiễu bằng cách tính trọng số dựa trên **độ tương đồng patch** toàn ảnh.

**Công thức**:

* : Tham số làm mịn[[9]](#fn9)[[10]](#fn10)[[6]](#fn6)

**Ưu điểm**:

* Xử lý tốt nhiễu Gaussian () và muối tiêu
* Giữ texture phức tạp (vải, gỗ)[[7]](#fn7)[[10]](#fn10)

**So sánh với Bilateral**:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Tiêu chí | Bilateral | Non-Local Means |
| **Phạm vi** | Local neighborhood | Toàn ảnh |
| **Độ phức tạp** |  |  |
| **Hiệu quả** | Tốt với nhiễu nhẹ | Vượt trội với nhiễu nặng |
| **Ứng dụng** | Ảnh tự nhiên | Ảnh y tế, vệ tinh[[9]](#fn9)[[7]](#fn7) |

**4. Minh họa kết quả**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Phương pháp | Ảnh gốc | Kết quả |
| **Low-pass Gaussian** | [Ảnh chụp tài liệu nhiễu] | [Chữ mờ, nền sạch] |
| **High-pass Laplacian** | [Ảnh mờ vân tay] | [Vân tay rõ nét] |
| **Bilateral** | [Ảnh selfie nhiễu hạt] | [Da mịn, tóc sắc nét] |
| **Non-Local Means** | [Ảnh X-quang nhiễu] | [Xương rõ, nền đồng nhất] |

**Công thức kết hợp**:

→ Kết hợp khử nhiễu và tăng cường biên[[3]](#fn3)[[10]](#fn10).

**5. Bảng tóm tắt ứng dụng**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Loại lọc | Nhiễu phù hợp | Ưu điểm | Hạn chế |
| Low-pass | Gaussian | Làm mờ mượt | Mất biên |
| High-pass | - | Tăng độ sắc | Khuếch đại nhiễu |
| Bilateral | Nhẹ → Trung bình | Bảo toàn biên | Chậm với ảnh lớn |
| Non-Local | Nặng | Giữ texture | Tốn tài nguyên |

**Ghi chú**:

* Lọc tần số yêu cầu tính toán FFT → phù hợp ảnh kích thước vừa[[4]](#fn4)[[1]](#fn1).
* Bilateral và NLM cần tối ưu hóa để chạy real-time[[2]](#fn2)[[6]](#fn6).

⁂

1. <https://www.acsce.edu.in/acsce/wp-content/uploads/2020/03/Module3-Frequency-Filtering.pdf>
2. <https://www.ipol.im/pub/art/2017/184/article_lr.pdf>
3. <https://www.jointaro.com/interview-insights/apple/what-is-the-relation-between-low-pass-and-high-pass-filters-in-image-processing/>
4. <https://library.fiveable.me/computer-vision-and-image-processing/unit-2/frequency-domain-filtering/study-guide/OGJrvjGIRjDuXEyI>
5. <https://staff.fnwi.uva.nl/r.vandenboomgaard/IPCV20162017/LectureNotes/IP/LocalOperators/bilateralfilter.html>
6. <https://web.cs.hacettepe.edu.tr/~erkut/bil717.s12/w09-bilateral-nlmeans.pdf>
7. <https://stackoverflow.com/questions/66140624/what-kinds-of-noises-can-be-handled-by-the-non-local-means-filter-bilateral-vs>
8. <https://home.cis.rit.edu/~cnspci/references/dip/filtering/paris2007.pdf>
9. <https://en.wikipedia.org/wiki/Non-local_means>
10. <https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=55482>