

TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG THƯƠNG TP. HCM
KHOA CÔNG NGHỆ THÔNG TIN



BÁO CÁO MÔN: XỬ LÝ ẢNH
ĐỀ TÀI: NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG ẢNH
TRONG MIỀN TẦN SỐ

THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH, NĂM 2024

TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG THƯỜNG TP. HCM

KHOA CÔNG NGHỆ THÔNG TIN



BÁO CÁO MÔN: XỬ LÝ ẢNH

ĐỀ TÀI: NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG ẢNH

TRONG MIỀN TẦN SỐ

Lớp danh nghĩa: 12DHTH14

TKB chính thức: Thứ 2 – Tiết 4_6

GVHD: Trần Đình Toàn

Sinh viên thực hiện:

Phạm Hồ Đăng Huy

THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH, NĂM 2024

MSSV	Họ Tên	Nhiệm Vụ Hàng Tuần	Kết Quả	GV đánh giá
2001215828	Phạm Hồ Đăng Huy	Tìm hiểu và cài đặt	Hoàn Thành	

LỜI CẢM ƠN

Lời nói đầu tiên cho phép em – Phạm Hồ Đăng Huy cùng các cộng sự gửi lời cảm ơn đến thầy Trần Đình Toàn, hiện đang là giảng viên - người hướng dẫn chúng em để hoàn thiện đề tài báo cáo này.

Đề án này được hoàn thành dưới sự hướng dẫn một cách chi tiết và khoa học của thầy Trần Đình Toàn. Nhóm chúng em xin được bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến thầy Trần Đình Toàn – người đã tận tình giúp nhóm chúng tôi nâng cao kiến thức và tác phong làm việc bằng tất cả sự mẫu mực của một người giảng viên và tinh thần trách nhiệm của người làm khoa học. Đồng thời, thầy cũng là người đã hỗ trợ nhóm chúng tôi và cho chúng tôi nhiều ý kiến đóng góp quý giá để giúp nhóm có thể hoàn thành luận án một cách hoàn thiện nhất.

Kể đến, nhóm chúng em cũng xin cảm ơn quý thầy cô giáo trường Đại Học Công Thương TP. Hồ Chí Minh đã giảng dạy và truyền đạt những kiến thức, kinh nghiệm và kỹ năng nền tảng cốt lõi vô cùng bổ ích để cho nhóm em làm đề án hiệu quả.

Hơn thế nữa, nhóm chúng em xin gửi lời cảm ơn chân thành đến Ban giám hiệu trường Đại Học Công Thương TP. Hồ Chí Minh đã giúp đỡ và tạo mọi điều kiện thuận lợi cho nhóm có việc học tập và nghiên cứu của nhóm.

Nhóm em xin chúc thầy luôn luôn mạnh khỏe và hạnh phúc!

Nhóm Trưởng

(Ký tên)

Phạm Hồ Đăng Huy

MỤC LỤC HÌNH ẢNH

Hình 1. Hình minh họa cho chuyển đổi qua lại giữa tần số	4
Hình 2. Đồ thị minh họa cho công thức C – Số phức	5
Hình 3. Ảnh minh họa DFT.....	6
Hình 4. Ví dụ minh họa DFT trong không gian 2 chiều	7
Hình 5. Các bước biến đổi Fourier rời rạc - DFT	8
Hình 6. Ví dụ minh họa DFT cải tiến.....	10
Hình 7. Minh họa cho các phương pháp lọc.....	12
Hình 8. Biểu diễn trên các không gian của lọc thông thấp Ideal.....	13
Hình 9. Ví dụ bộ lọc thông thấp Ideal	13
Hình 10. Ví dụ ảnh gốc và ảnh lọc Ideal qua các $D0$ khác nhau.....	14
Hình 11. Biểu diễn lọc thông thấp Butterworth	15
Hình 12. Ví dụ bộ lọc thông thấp Butterworth.....	15
Hình 13. Ví dụ bộ lọc thông thấp Butterworth với các giá trị.....	16
Hình 14. Biểu diễn trong không gian của lọc thông thấp Gaussian	17
Hình 15. Ví dụ lọc thông thấp Gaussian.....	17
Hình 16. Ví dụ lọc thông thấp Gaussian với các $D0$	18
Hình 17. Biểu diễn trên các không gian của lọc thông cao Ideal	19
Hình 18. Ví dụ bộ lọc thông thấp Ideal	20
Hình 19. Ví dụ bộ lọc thông cao Ideal với các $D0$ khác nhau.....	21
Hình 20. Biểu diễn bộ lọc Butterworth trong các không gian.....	21
Hình 21. Ví dụ bộ lọc thông cao Butterworth	22
Hình 22. Ví dụ bộ lọc thông cao với các giá trị $D0$	23
Hình 23. Biểu diễn bộ lọc thông cao Gaussian trong không gian	23

Hình 24. Ví dụ bộ lọc thông cao Gaussian.....	24
Hình 25. Ví dụ bộ lọc thông cao với các D0	25

MỤC LỤC

LỜI CẢM ƠN.....	ii
MỤC LỤC HÌNH ẢNH.....	iii
MỤC LỤC.....	v
CHƯƠNG I. GIỚI THIỆU	1
1. Lý do chọn đề tài	1
2. Mục tiêu của báo cáo	1
CHƯƠNG II. NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG ẢNH TRONG MIỀN KHÔNG GIAN	2
1. Nâng cao chất lượng ảnh số.....	2
1.1. Nâng cao chất lượng ảnh là gì?	2
1.2. Hướng tiếp cận để nâng cao chất lượng ảnh	2
1.3. Mục tiêu của nâng cao chất lượng ảnh	2
1.4. Các kỹ thuật nâng cao chất lượng ảnh.....	3
2. Khái niệm về chuỗi Fourier – Biến đổi Fourier.....	3
2.1. Khái niệm	4
2.1.1. Khái niệm số phức:.....	4
2.2. Biến đổi Fourier.....	6
2.2.1. Biến đổi Fourier rời rạc – Discrete Fourier Transform (DFT).....	6
2.2.2. Biến đổi DFT ngược – Inverse Discrete Fourier Transform (IDFT)	7
2.3. Biến đổi Fourier nguyên bản và cải thiện trong miền tần số.....	7
2.3.1. Các bước thực hiện biến đổi BFT trong miền tần số.....	7
2.3.2. Các bước thực hiện biến đổi DFT cải tiến và lọc ảnh trong miền tần số: 9	

CHƯƠNG III. CÁC PHƯƠNG PHÁP LỌC	12
1. Kỹ thuật lọc mịn ảnh (Lọc thông thấp).....	12
1.1. Lọc lý tưởng (Ideal).....	12
1.2. Lọc Butterworth.....	14
1.3. Lọc Gaussian	16
2. Kỹ thuật lọc sắc nét ảnh (Lọc thông cao)	18
2.1. Lý tưởng (Ideal).....	19
2.2. Lọc Butterworth.....	21
2.3. Lọc Gaussian	23
CHƯƠNG IV. KẾT LUẬN	26
TÀI LIỆU THAM KHẢO	27

CHƯƠNG I. GIỚI THIỆU

Trong thế giới số hóa ngày nay, việc xử lý ảnh đã trở thành một lĩnh vực nghiên cứu quan trọng với nhiều ứng dụng thực tế. Chương này tập trung vào một trong những thách thức chính của lĩnh vực này - là nâng cao chất lượng ảnh thông qua việc áp dụng các phương pháp tiên tiến trong miền tần số

1. Lý do chọn đề tài

Trong lĩnh vực xử lý ảnh, nâng cao chất lượng ảnh không chỉ là một nhiệm vụ cần thiết mà còn là một thách thức đầy hứa hẹn. Bằng cách tối ưu hóa các phương pháp xử lý dựa trên miền tần số, chúng ta có thể đạt được những cải thiện đáng kể trong việc tạo ra những bức ảnh sắc nét, rõ ràng và thú vị hơn.

2. Mục tiêu của báo cáo

Mục tiêu chính của báo cáo này là trình bày và phân tích một loạt các phương pháp nâng cao chất lượng ảnh trong miền tần số. Chúng tôi sẽ tập trung vào các kỹ thuật xử lý tần số ảnh và các phương pháp lọc trong miền tần số, nhấn mạnh cách chúng có thể được áp dụng để tối ưu hóa hình ảnh trong nhiều ứng dụng thực tế. Bằng cách hiểu rõ hơn về các kỹ thuật này, chúng ta hy vọng có thể nâng cao kiến thức và kỹ năng trong việc xử lý và cải thiện chất lượng hình ảnh.

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

1. Nâng cao chất lượng ảnh số

1.1. *Nâng cao chất lượng ảnh là gì?*

Nâng cao chất lượng ảnh là quá trình cải thiện và tối ưu hóa các yếu tố trong bức ảnh để đạt được kết quả tốt nhất, phản ánh đúng và đầy đủ nhất mục đích sử dụng của ảnh gốc. Điều này bao gồm việc làm rõ các chi tiết quan trọng, loại bỏ nhiễu và tạo ra một hình ảnh hấp dẫn và thú vị hơn cho người xem.

1.2. *Hướng tiếp cận để nâng cao chất lượng ảnh*

Trong quá trình xử lý ảnh, có hai hướng tiếp cận chính được sử dụng để nâng cao chất lượng ảnh:

- Tăng cường ảnh: Phương pháp này tập trung vào việc tăng cường các đặc điểm quan trọng của ảnh, như độ tương phản, độ sắc nét và độ chi tiết. Bằng cách điều chỉnh các thông số của ảnh, chúng ta có thể làm cho hình ảnh trở nên rõ ràng và dễ nhận biết hơn.
- Khôi phục ảnh: Hướng tiếp cận này nhằm vào việc phục hồi hoặc tái tạo lại các thông tin bị mất trong quá trình chụp ảnh hoặc truyền tải. Các phương pháp khôi phục ảnh thường được sử dụng để loại bỏ nhiễu, tái tạo các đặc điểm bị mờ hoặc mất đi và cải thiện chất lượng tổng thể của ảnh.

1.3. *Mục tiêu của nâng cao chất lượng ảnh*

Làm nổi bật chi tiết quan trọng: Một trong những mục tiêu chính của việc nâng cao chất lượng ảnh là làm nổi bật và làm rõ các chi tiết quan trọng trong bức ảnh. Điều này giúp người xem dễ dàng nhận biết và tập trung vào các yếu tố quan trọng của hình ảnh.

Loại bỏ nhiễu: Nhiễu là một yếu tố gây ảnh hưởng đến sự sắc nét và chất lượng tổng thể của bức ảnh. Qua quá trình nâng cao chất lượng ảnh, chúng ta cũng nhằm vào việc loại bỏ hoặc giảm thiểu các dạng nhiễu như nhiễu điểm, nhiễu đốm và nhiễu màu, từ đó tăng cường độ sắc nét và rõ ràng cho bức ảnh.

Tạo ra hình ảnh hấp dẫn về mặt trực giác: Cuối cùng, một trong những mục tiêu quan trọng của việc nâng cao chất lượng ảnh là tạo ra một hình ảnh mà

người xem không chỉ cảm nhận được mà còn cảm thấy thú vị và hấp dẫn. Bằng cách kỹ lưỡng điều chỉnh màu sắc, độ tương phản và sắc nét, chúng ta có thể tạo ra những bức ảnh có sức thu hút mạnh mẽ và gợi cảm xúc.

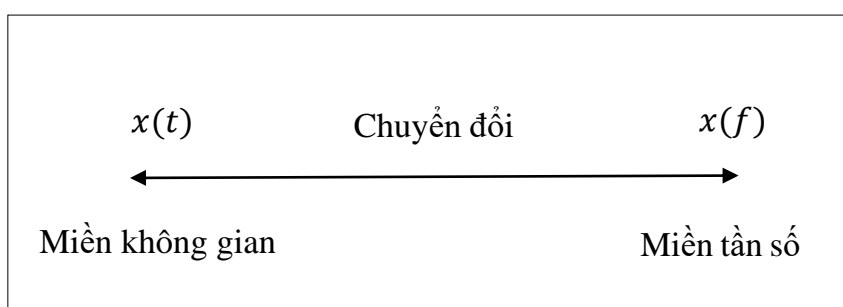
1.4. Các kỹ thuật nâng cao chất lượng ảnh

Kỹ thuật theo miền không gian: Là phương pháp truyền thống được sử dụng rộng rãi, kỹ thuật này tập trung vào việc điều chỉnh trực tiếp các pixel của ảnh. Thông qua việc áp dụng các bộ lọc và kỹ thuật histogram, chúng ta có thể thực hiện các thay đổi như làm mịn, làm sắc nét, và điều chỉnh độ tương phản của ảnh. Mặc dù hiệu quả, nhưng kỹ thuật này thường hạn chế trong việc khám phá sâu sắc các thông tin tiềm ẩn trong ảnh.

Kỹ thuật theo miền tần số: Là một phương pháp tiên tiến và mạnh mẽ, kỹ thuật này tập trung vào việc thao tác trên các tần số của ảnh. Thông qua các phép biến đổi Fourier và biến đổi sóng con, chúng ta có thể phân tích và cải thiện chất lượng ảnh bằng cách tối ưu hóa các thành phần tần số quan trọng. Kỹ thuật này cho phép chúng ta thấy một cách rõ ràng những đặc điểm và cấu trúc tần số của ảnh, từ đó giúp hiểu rõ hơn và cải thiện chất lượng ảnh một cách đáng kể, trong bài báo cáo sẽ tập trung vào kỹ thuật này.

2. Khái niệm về chuỗi Fourier – Biến đổi Fourier

Biến đổi Fourier cho một tín hiệu có thể hình dung như sau:



Biến đổi Fourier cho một tín hiệu một chiều gồm một cặp biến đổi:

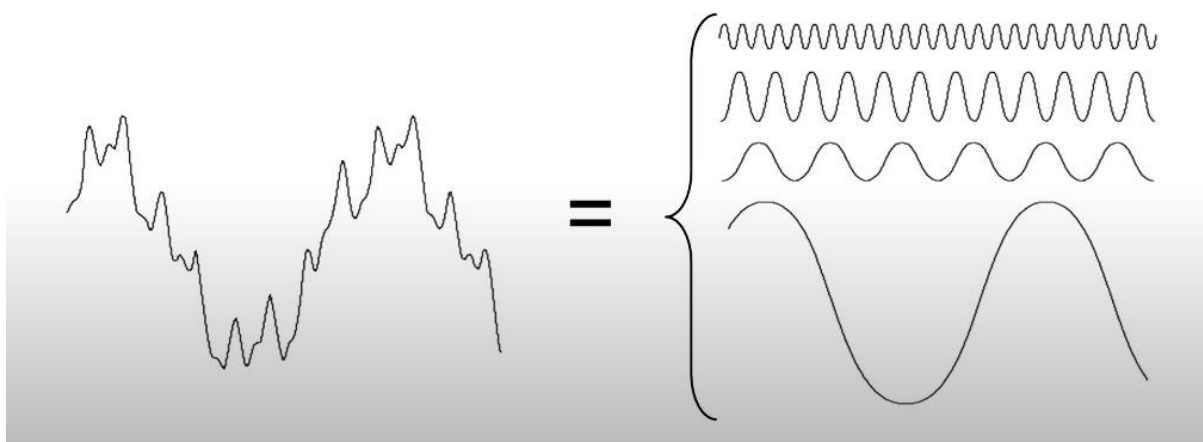
- Biến đổi thuận: chuyển sự biểu diễn từ không gian thực sang không gian tần số (phổ và pha).

Các thành phần tần số này được gọi là các biểu diễn trong không gian Fourier của tín hiệu.

- Biến đổi ngược: chuyển đổi sự biểu diễn của đối tượng từ không gian Fourier sang không gian thực

2.1. Khái niệm

Một hàm bất kỳ lặp lại có tính chu kỳ có thể biểu diễn dưới dạng tổng các hàm sine và cosine ở các tần số khác nhau - đó là chuỗi Fourier



Hình 1. Hình minh họa cho chuyển đổi qua lại giữa tần số

Hình minh họa trên giúp chúng ta hiểu cách biến đổi Fourier hoạt động trong việc phân tích tín hiệu hay hàm số. Tín hiệu hoặc hàm số ban đầu, được mô tả bởi hàm bên trái, thường có dạng chu kỳ. Qua quá trình biến đổi Fourier, chúng ta chuyển đổi tín hiệu này thành một tổ hợp các hàm sine và cosine, như minh họa bên phải. Tổng hợp các hàm sine và cosine này lại, chúng ta thu được một biểu diễn phổ hoàn chỉnh của tín hiệu ban đầu. Do đó, quá trình này, tức là việc phân tích và tổng hợp các thành phần tần số của tín hiệu, được gọi là biến đổi Fourier.

2.1.1. Khái niệm số phức:

Số phức được định nghĩa như sau:

$$C = R + jI \quad (1)$$

Trong đó:

- R : thành phần thực

$$- (-j)^2 = 1 \rightarrow I: \text{thành phần ảo}$$

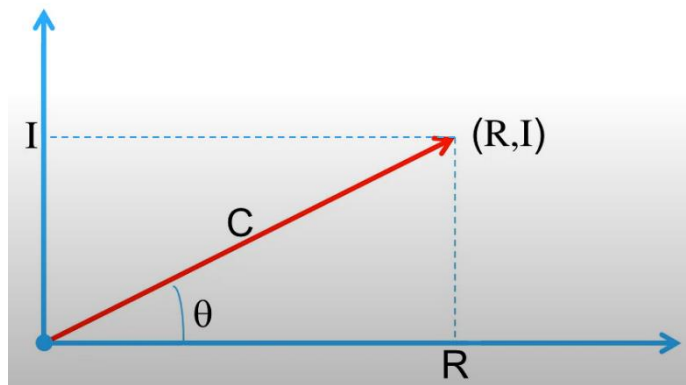
Về mặt hình học, số phức có thể được xem như là các điểm trên một mặt phẳng (gọi là mặt phẳng phức), trục hoành độ giá trị thực (các giá trị của R) và trục tung có giá trị ảo (các giá trị của I)

Từ công thức C ở trên chúng ta có thể biểu diễn trong hệ trục tọa độ góc

$$C = |C| * (\cos \theta + j \sin \theta) \quad (2)$$

$$- \theta = \tan^{-1}\left(\frac{I}{R}\right) : \text{Góc giữa vector với trục thực (R)}.$$

$$- |C| = \sqrt{R^2 + I^2} : \text{Độ dài của vector từ gốc đến điểm } R, I \text{ trên mặt phẳng phức.}$$



Hình 2. Đồ thị minh họa cho công thức C – Số phức

Từ công thức Euler

$$e^{j\theta} = \cos \theta + j \sin \theta \quad (3)$$

- Từ công thức Euler ở trên chúng ta có thể phát triển từ (2) sang công thức (3) dựa trên công thức Euler như sau:

$$\rightarrow C = |C|e^{j\theta} \quad (3)$$

2.2. Biến đổi Fourier.

2.2.1. Biến đổi Fourier rời rạc – Discrete Fourier Transform (DFT)

Biến đổi DFT của $f(x, y)$, được biểu diễn bởi $f(u, v)$

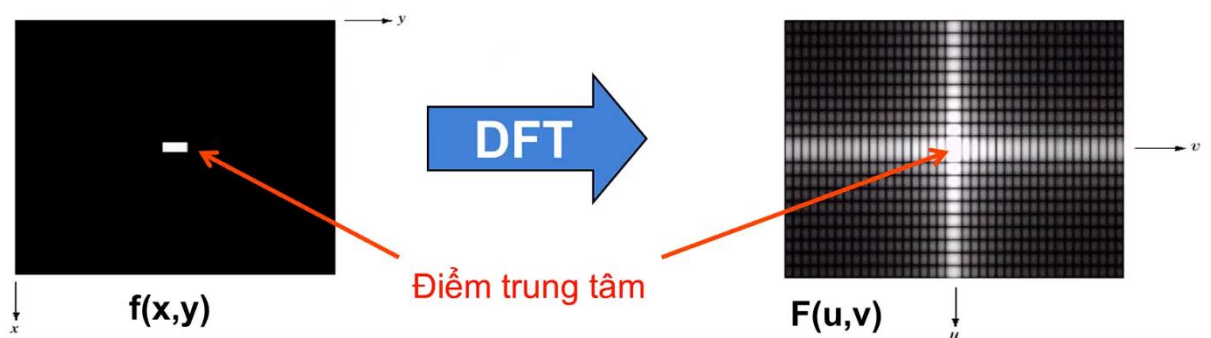
$$f(u, v) = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) * e^{-j2\pi(\frac{ux}{M} + \frac{vy}{N})} \quad (4)$$

- Trong đó:

- $f(u, v)$: hàm biểu diễn Fourier (theo tần số) của hàm $f(x, y)$
- $u = 0, 1, 2 \dots M - 1$ và $v = 0, 1, 2 \dots N - 1$ và u, v là trục tung và trục hoành trong miền tần số
- x, y là trục hoành và trục tung trong miền không gian
- $(-j)^2 = 1$
- M là chiều dài của ảnh theo hoành
- N là chiều rộng của ảnh theo trục tung

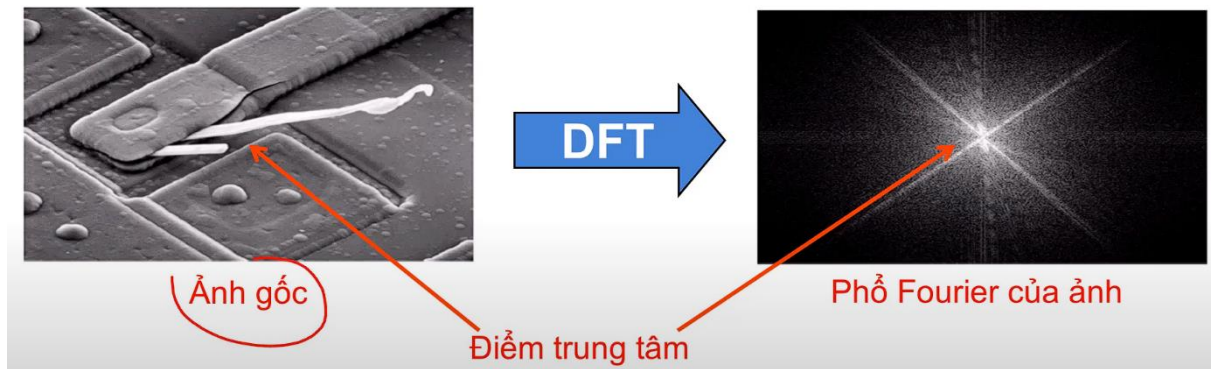
- Với công thức (4), chúng ta chuyển các $f(x, y)$ rời rạc trong miền không gian sang miền tần số trong $f(u, v)$.

- Biến đổi DFT của một ảnh (ảnh là hàm 2 biến) được biểu diễn dưới dạng phổ của thành phần tần số (hình ảnh biểu diễn giá trị tần số theo không gian).



Hình 3. Ảnh minh họa DFT

- Ví dụ phổ tần số Fourier của ảnh (ảnh chính hàm biểu diễn 2 chiều)



Hình 4. Ví dụ minh họa DFT trong không gian 2 chiều

- Mục đích chuyển đổi Fourier là để sử dụng bộ lọc trên miền tần số $f(u, v)$ sau đó chuyển đổi ngược về miền không gian để được ảnh cải thiện.

2.2.2. Biến đổi DFT ngược – Inverse Discrete Fourier Transform (IDFT)

$$f(x, y) = \frac{1}{MN} \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} f(u, v) * e^{j2\pi(\frac{ux}{M} + \frac{vy}{N})} \quad (5)$$

Với $x = 0, 1, 2 \dots M - 1$ và $y = 0, 1, 2 \dots N - 1$

- Biến đổi DFT hay IDFT là hàm số phức

$$f(u, v) = R(u, v) + jI(u, v) = |F(u, v)|e^{j\theta(u, v)}$$

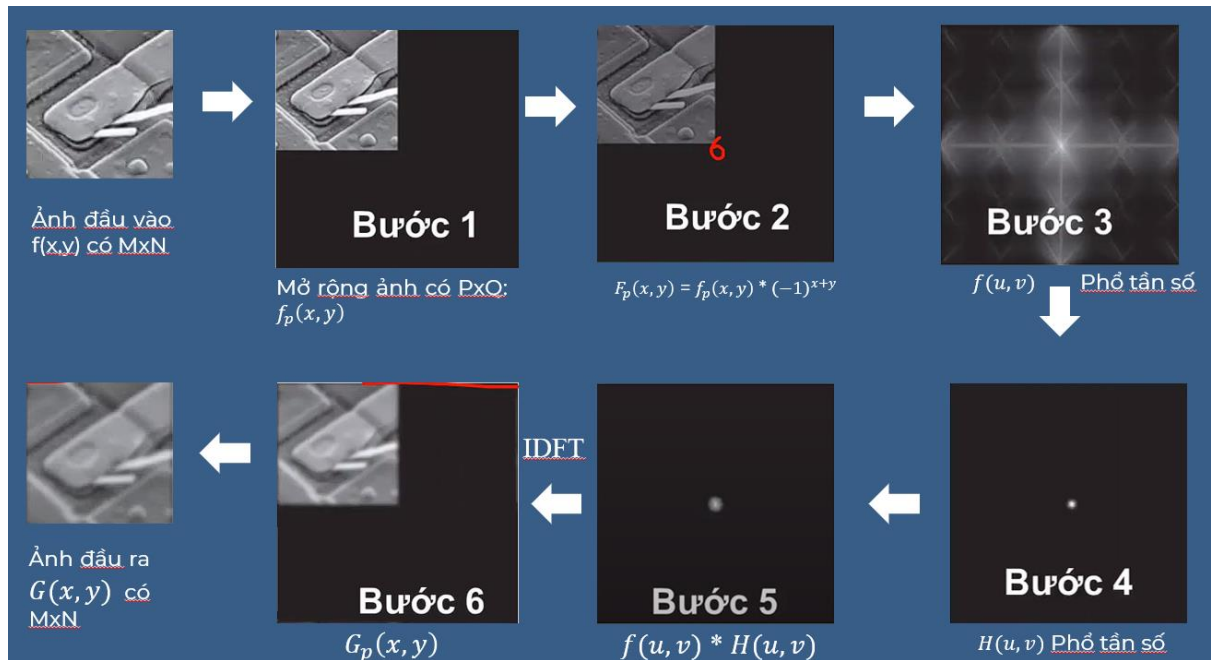
- Độ lớn $|F(u, v)| = \sqrt{R(u, v)^2 + I(u, v)^2}$ gọi là phổ Fourier/ tần số
- $\theta(u, v) = \tan^{-1} \left(\frac{I(u, v)}{R(u, v)} \right)$ gọi là góc pha/ phổ pha
- Trong đó:
 - $R(u, v), f(u, v), \theta(u, v), I(u, v)$ là các ma trận $M \times N$
 - $R(u, v)$ là phần thực và $I(u, v)$ là phần ảo $f(u, v)$

2.3. Biến đổi Fourier nguyên bản và cải thiện trong miền tần số

2.3.1. Các bước thực hiện biến đổi BFT trong miền tần số

- Bước 1: Chuyển đổi ảnh đầu vào $f(x, y)$ có kích thước $M \times N$ thành ảnh $f_p(x, y)$ có kích thước $P \times Q$. Với $P = 2M$ và $Q = 2N$ (vùng không chứa ảnh có mức xám = 0).

- Bước 2: Tạo ảnh mới từ $f_p(x, y)$ có các thành phần đối xứng qua tâm tại $(\frac{P}{2}, \frac{Q}{2})$. Bằng cách nhân ảnh $f_p(x, y)$ với $(-1)^{x+y}$
- Bước 3: Tính DFT của ảnh $f_p(x, y)$ thu được ảnh $f(u, v)$
- Bước 4: Tạo bộ lọc $H(u, v)$ có kích thước $P \times Q$, các phần tử bộ lọc đối xứng với điểm trung tâm $(\frac{P}{2}, \frac{Q}{2})$.
- Bước 5: Nhân từng cặp phần tử của $f(u, v)$ với $H(u, v)$ để có được $G(u, v)$
- Bước 6: Biến đổi ngược IDFT đối với $G(u, v)$. Nhân phần thực sau khi biến đổi ngược với $(-1)^{x+y}$ để tạo ảnh $G_p(x, y)$ có tâm đối xứng với $(\frac{P}{2}, \frac{Q}{2})$.
- Bước 7: Lấy vùng ảnh $M \times N$ từ ảnh $G_p(x, y)$ (từ góc trên bên trái) để được ảnh $G(x, y)$. Ảnh $G(x, y)$ là ảnh cuối cùng sau khi lọc.



Hình 5. Các bước biến đổi Fourier rời rạc - DFT

Từ công thức Biến đổi Fourier rời rạc – Discrete Fourier Transform (DFT)

$$f(u, v) = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) * e^{-j2\pi(\frac{ux}{M} + \frac{vy}{N})}$$

$$f(x, y) = \frac{1}{MN} \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} f(u, v) * e^{j2\pi(\frac{ux}{M} + \frac{vy}{N})}$$

- Độ phức tạp $O(n) = n^n$
- Nếu ảnh có kích thước $M \times N = 1024 \times 1024$ thì độ phức tạp là 1024^{1024}

⇒ Từ công thức

$$f(u, v) = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) * e^{-j2\pi(\frac{ux}{M} + \frac{vy}{N})}$$

Chúng ta sẽ tách hàm Fourier này thành các hàm con

$$P(u, y) = \sum_{x=0}^{M-1} f(x, y) * e^{-j2\pi(\frac{ux}{M})} \quad (6)$$

$$f(u, v) = \sum_{y=0}^{N-1} P(u, y) * e^{-j2\pi(\frac{vy}{N})} \quad (7)$$

Trong công thức (6), chúng ta tính chuỗi Fourier $f(x, y)$ theo trục x và lặp qua các giá trị từ 0 đến $M-1$. Sau khi đã biến đổi Fourier theo trục y , chúng ta tiến hành biến đổi trục x theo công thức (7), kết quả là ta thu được công thức cuối cùng $f(u, v)$, là tổng của hàm $P(u, v)$ đã tính ở công thức (6). Phân tích này cho thấy rằng độ phức tạp của các công thức (6) và (7) là lớn, do đó việc tách biệt chúng sẽ giảm bớt độ phức tạp của chuỗi Fourier.

⇒ Độ phức tạp $O(n) = n^2$

2.3.2. Các bước thực hiện biến đổi DFT cải tiến và lọc ảnh trong miền tần số:

- Bước 1: Chuyển đổi ảnh đầu vào $f(x, y)$ có kích thước $M \times N$ thành ảnh $f_p(x, y)$ có kích thước $P \times Q$. Với $P = 2M$ và $Q = 2N$ (vùng không chứa ảnh có mức xám = 0).
- Bước 2: Tạo ảnh mới từ $f_p(x, y)$ có các thành phần đối xứng qua tâm tại $(\frac{P}{2}, \frac{Q}{2})$. Bằng cách nhân ảnh $f_p(x, y)$ với $(-1)^{x+y}$
- Bước 3: Tính DFT theo công thức (6) và (7) của ảnh $f_p(x, y)$ thu được ảnh $f(u, v)$

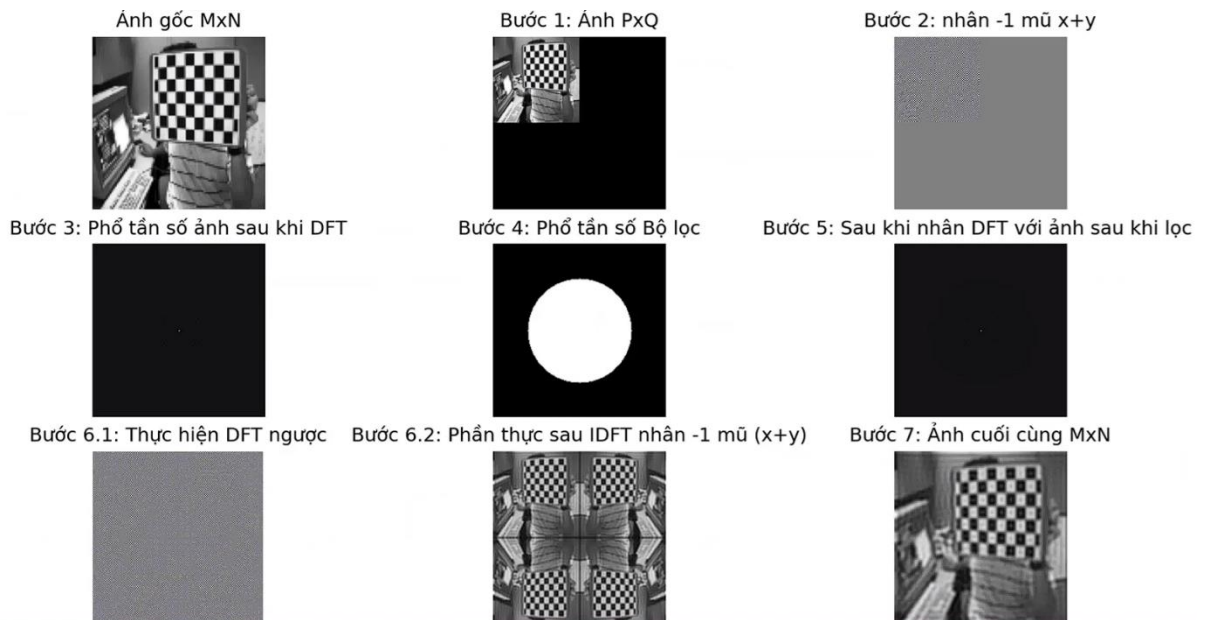
- Bước 4: Tạo bộ lọc $H(u, v)$ có kích thước $P \times Q$, các phần tử bộ lọc đối xứng với điểm trung tâm $(\frac{P}{2}, \frac{Q}{2})$.

- Bước 5: Nhân từng cặp phần tử của $f(u, v)$ với $H(u, v)$ để có được $G(u, v)$

- Bước 6: Biến đổi ngược IDFT đối với $G(u, v)$ (theo ý tưởng công thức (6) và (7). Nhân phần thực sau khi biến đổi ngược với $(-1)^{x+y}$ để tạo ảnh $G_p(x, y)$ có tâm đối xứng với $(\frac{P}{2}, \frac{Q}{2})$.

- Bước 7: Lấy vùng ảnh $M \times N$ từ ảnh $G_p(x, y)$ (từ góc trên bên trái) để được ảnh $G(x, y)$. Ảnh $G(x, y)$ là ảnh cuối cùng sau khi lọc.

▪ Ví dụ minh họa:



Hình 6. Ví dụ minh họa DFT cải tiến

Đầu tiên ta có ảnh gốc có kích thước $M \times N$:

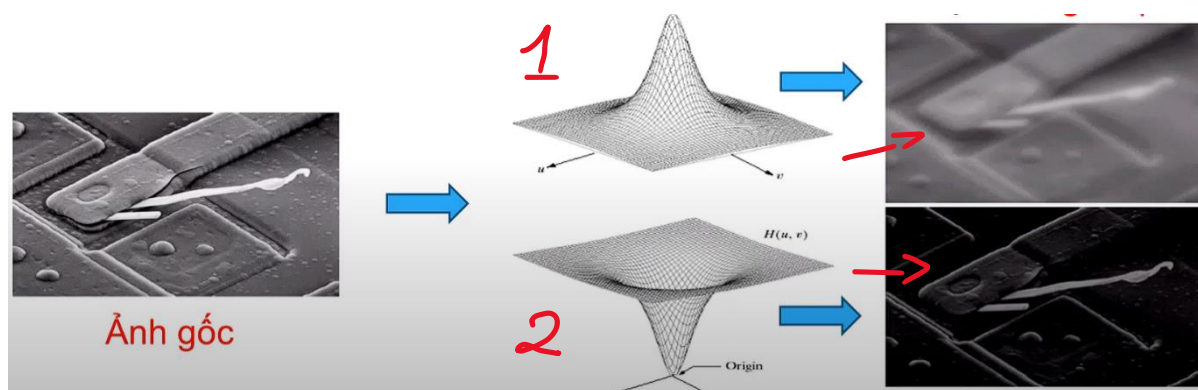
- Bước 1: Mở rộng ảnh gốc lên gấp 4 lần để có kích thước $P \times Q$, tạo thành ảnh mở rộng.
- Bước 2: Tiếp theo, thực hiện phép nhân ảnh mở rộng với hàm $(-1)^{x+y}$, tạo ra ảnh số 3.
- Bước 3: Thực hiện biến đổi Fourier trên ảnh đã nhân, tạo thành ảnh số 4.

- Bước 4: Tạo bộ lọc trong miền tần số, tạo ra phổ tần số của bộ lọc.
- Bước 5: Nhân từng cặp điểm tần số trong biến đổi Fourier với tần số của bộ lọc.
- Bước 6.1: Thực hiện biến đổi ngược Fourier trên ảnh đã được lọc, tạo ra ảnh số 7.
- Bước 6.2: Tính toán phần thực của ảnh sau biến đổi ngược và nhân với hàm $(-1)^{x+y}$, tạo ra ảnh số 8.
- Bước 7: Cuối cùng, thu được ảnh cuối cùng có kích thước ban đầu $M \times N$ sau khi thực hiện biến đổi Fourier thuận và ngược.

CHƯƠNG III. CÁC PHƯƠNG PHÁP LỌC

Chúng ta đã biết rằng việc áp dụng biến đổi Fourier trong xử lý ảnh không chỉ giúp chúng ta hiểu sâu hơn về cấu trúc tần số của hình ảnh mà còn cho phép chúng ta áp dụng các bộ lọc trong miền tần số để cải thiện chất lượng ảnh.

- Lọc thông thấp (cho qua tần số thấp): Thường được sử dụng để làm mịn hình ảnh bằng cách loại bỏ các thành phần tần số cao, giữ lại các chi tiết toàn cảnh và làm mềm hình ảnh (1).
- Lọc thông cao (cho qua tần số cao): Được sử dụng để làm sắc nét hình ảnh bằng cách loại bỏ các thành phần tần số thấp, giúp tăng cường các đường nét và chi tiết trong hình ảnh (2).



Hình 7. Minh họa cho các phương pháp lọc

1. Kỹ thuật lọc mịn ảnh (Lọc thông thấp)

1.1. Lọc lý tưởng (Ideal)

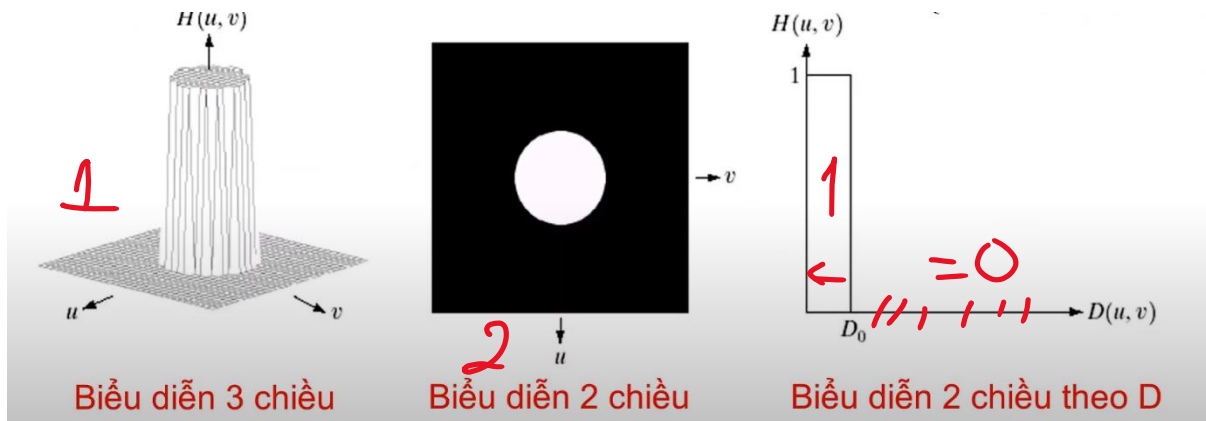
- Cắt bỏ thành phần tần số cao dựa trên khoảng cách D_0
- Hàm chuyển đổi của bộ lọc thông thấp Ideal

$$H(u, v) = \begin{cases} 1, & D(u, v) \leq D_0 \\ 0, & D(u, v) > D_0 \end{cases} \quad (8)$$

- Trong đó:
 - o D_0 : hằng số dương (cutoff)
 - o $D(u, v)$: Hàm khoảng cách giữa điểm có tọa độ (u, v) với điểm trung tâm của kernel (cửa sổ lọc) kích thước $M \times N$

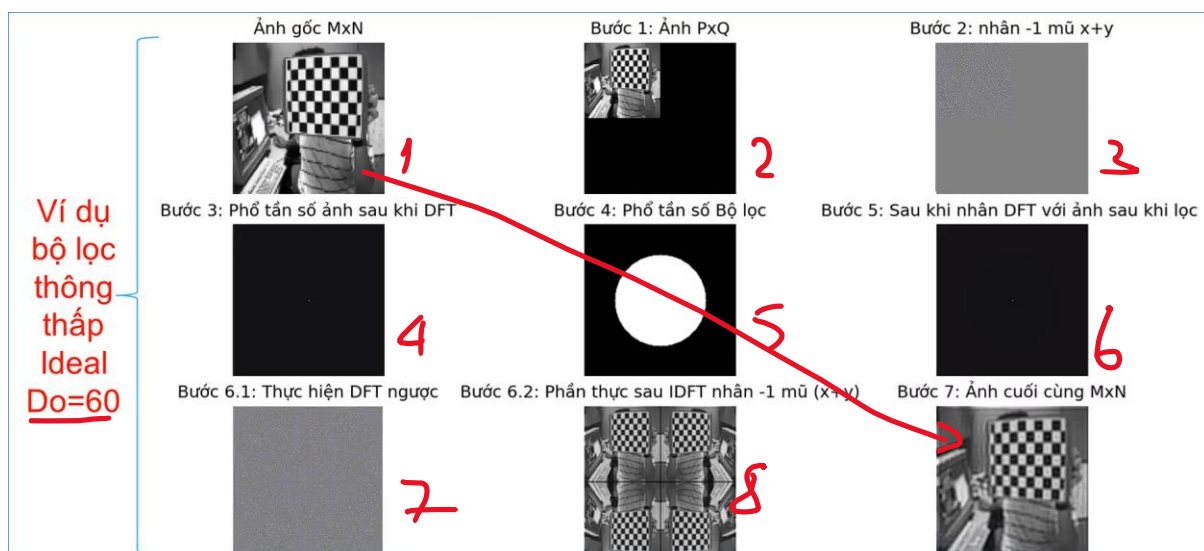
$$D(u, v) = \left[\left(u - \frac{M}{2} \right)^2 + \left(v - \frac{N}{2} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

- Biến đổi trên đồ thị của bộ lọc thông thấp Ideal



Hình 8. Biểu diễn trên các không gian của lọc thông thấp Ideal

- Ảnh 1: Biểu diễn trên không gian 3 chiều.
- Ảnh 2: Biểu diễn trên không gian 2 chiều.
- Ảnh 3: Theo công thức (8) ta có thể thấy, với các tọa độ $D(u, v) \leq D_0$ thì có giá trị là một ngược lại nếu $D(u, v) > D_0$ có giá trị là 1.
- Ví dụ bộ lọc thông thấp Ideal với $D_0 = 60$



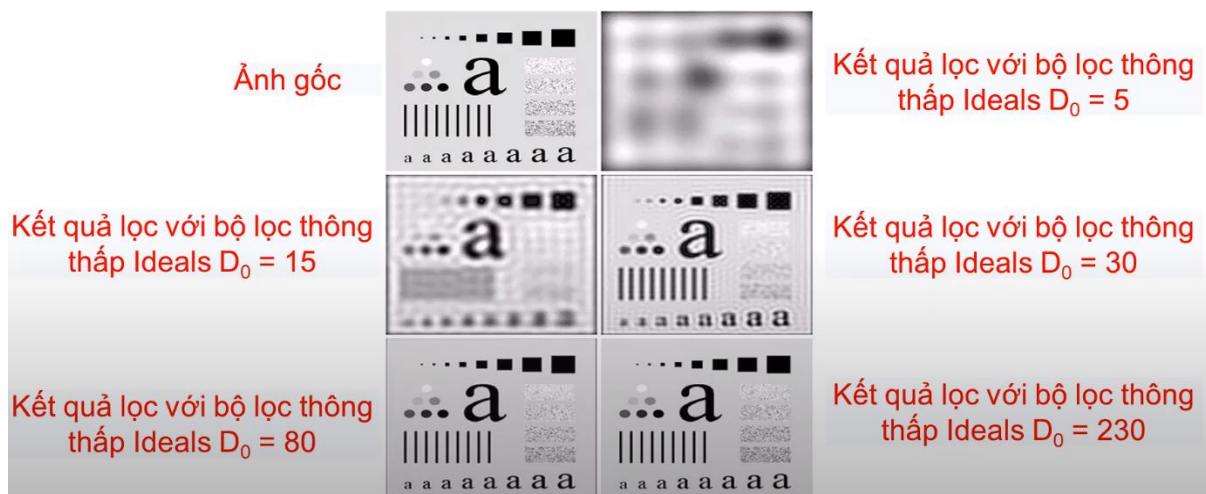
Hình 9. Ví dụ bộ lọc thông thấp Ideal

Đầu tiên ta có ảnh gốc có kích thước $M \times N$:

- Bước 1: Mở rộng ảnh gốc lên gấp 4 lần để có kích thước $P \times Q$, tạo thành ảnh mở rộng.

- Bước 2: Tiếp theo, thực hiện phép nhân ảnh mở rộng với hàm $(-1)^{x+y}$, tạo ra ảnh số 3.
 - Bước 3: Thực hiện biến đổi Fourier trên ảnh đã nhân, tạo thành ảnh số 4.
 - Bước 4: Tạo bộ lọc thông thấp Ideal với $D_0 = 60$, tạo ra phổ tần số của bộ lọc.
 - Bước 5: Nhân từng cặp điểm tần số trong biến đổi Fourier với tần số của bộ lọc.
 - Bước 6.1: Thực hiện biến đổi ngược Fourier trên ảnh đã được lọc, tạo ra ảnh số 7.
 - Bước 6.2: Tính toán phần thực của ảnh sau biến đổi ngược và nhân với hàm $(-1)^{x+y}$ để lấy các điểm trung tâm và ta lấy ở $\frac{1}{4}$ của bộ lọc, tạo ra ảnh số 8.
 - Bước 7: Cuối cùng, thu được ảnh cuối cùng có kích thước ban đầu $M \times N$ sau khi thực hiện biến đổi Fourier thuận và ngược.
- ⇒ Từ ảnh ban đầu, sau khi lọc thông thấp Ideal ta thấy ảnh nhòe đi bớt sắc nét hơn ảnh ban đầu.

Ví dụ ảnh gốc và ảnh lọc Ideals với các D_0 khác nhau



Hình 10. Ví dụ ảnh gốc và ảnh lọc Ideal qua các D_0 khác nhau

1.2. Lọc Butterworth

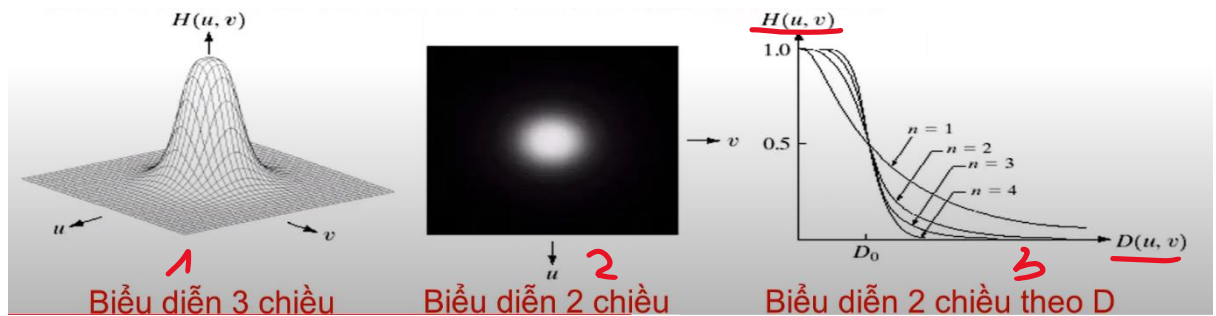
- Hàm biến đổi của bộ lọc thông thấp Butterworth bậc n

$$H(u, v) = \frac{1}{1 + \left[\frac{D(u, v)}{D_0} \right]^{2n}} \quad (10)$$

○ Trong đó:

- $D(u, v)$: Khoảng cách từ điểm u, v đến tâm của bộ lọc
- D_0 : hằng số
- n : bậc của bộ lọc

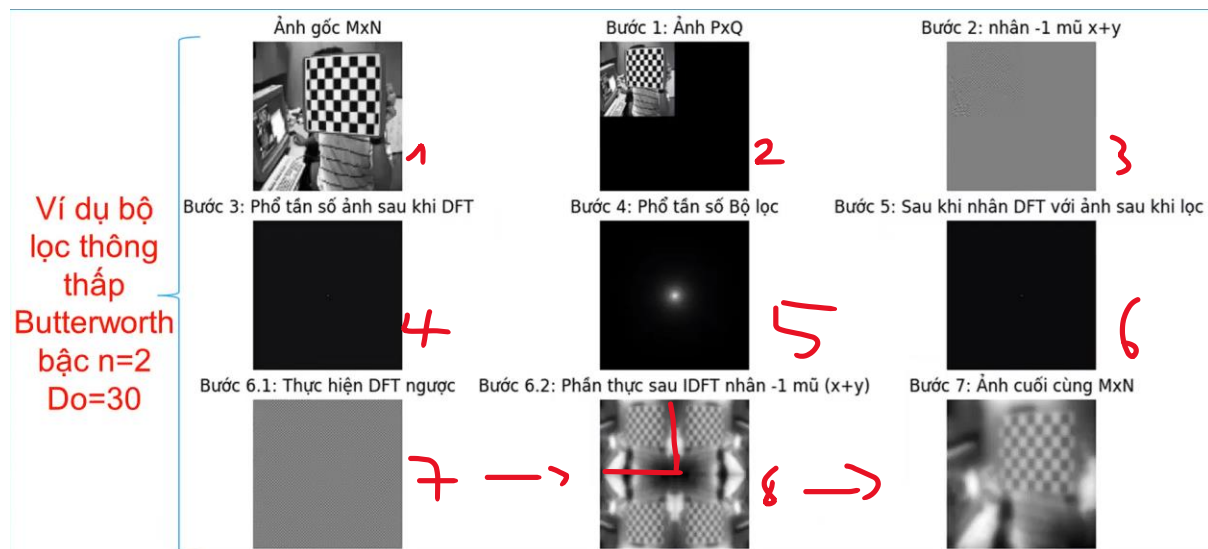
- Biểu diễn trên đồ thị của bộ lọc thông thấp Butterworth



Hình 11. Biểu diễn lọc thông thấp Butterworth

- Ảnh 1: Biểu diễn bộ lọc trong không gian 3 chiều
- Ảnh 2: Biểu diễn bộ lọc trong không gian 2 chiều
- Ảnh 3: Biểu diễn các khoảng cách giữa $H(u, v)$ & $D(u, v)$ với các giá trị bậc n

Ví dụ bộ lọc thông thấp Butterworth bậc $n = 2$ và $D_0 = 30$



Hình 12. Ví dụ bộ lọc thông thấp Butterworth

Đầu tiên ta có ảnh gốc có kích thước $M \times N$:

- Bước 1: Mở rộng ảnh gốc lên gấp 4 lần để có kích thước $P \times Q$, tạo thành ảnh mở rộng.

- Bước 2: Tiếp theo, thực hiện phép nhân ảnh mở rộng với hàm $(-1)^{x+y}$, tạo ra ảnh số 3.
 - Bước 3: Thực hiện biến đổi Fourier trên ảnh đã nhân, tạo thành ảnh số 4.
 - Bước 4: Tạo bộ lọc thông thấp Butterworth với $D_0 = 30$ và bậc $n = 2$, tạo ra phổ tần số của bộ lọc.
 - Bước 5: Nhân từng cặp điểm tần số trong biến đổi Fourier với tần số của bộ lọc.
 - Bước 6.1: Thực hiện biến đổi ngược Fourier trên ảnh đã được lọc, tạo ra ảnh số 7.
 - Bước 6.2: Tính toán phần thực của ảnh sau biến đổi ngược và nhân với hàm $(-1)^{x+y}$ để lấy các điểm trung tâm và ta lấy ở $\frac{1}{4}$ của bộ lọc, tạo ra ảnh số 8.
 - Bước 7: Cuối cùng, thu được ảnh cuối cùng có kích thước ban đầu $M \times N$ sau khi thực hiện biến đổi Fourier thuận và ngược.
- ⇒ Từ ảnh ban đầu, sau khi lọc thông thấp Butterworth với $D_0 = 30$ và bậc $n = 2$ ta thấy ảnh rất nhòe so với ảnh ban đầu.

Ví dụ bộ lọc thông thấp Butterworth



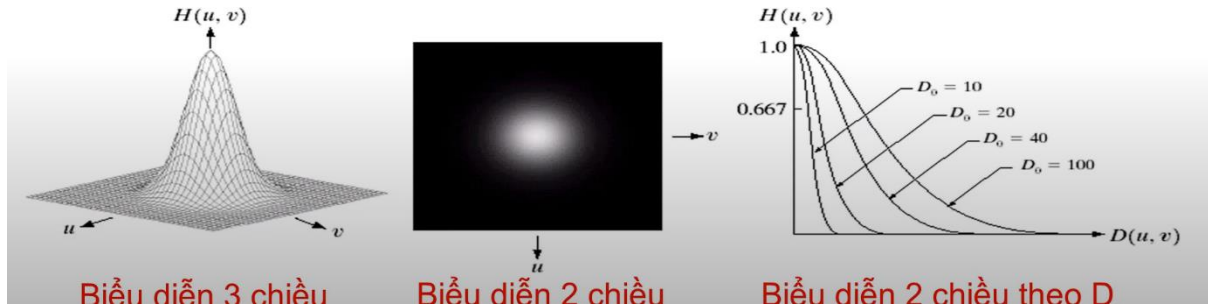
Hình 13. Ví dụ bộ lọc thông thấp Butterworth với các giá trị

1.3. Lọc Gaussian

- Hàm biến đổi của bộ lọc thông thấp Gaussian được định nghĩa

$$H(u, v) = e^{\frac{-D^2(u, v)}{2D_0^2}} \quad (11)$$

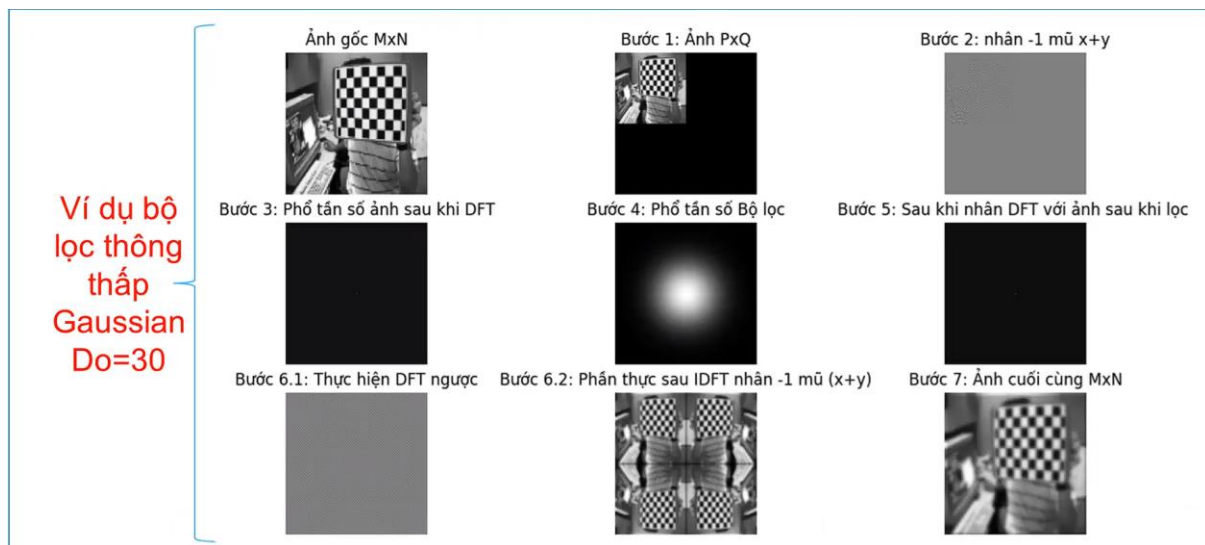
- Trong đó:
 - $D(u, v)$: Khoảng cách từ điểm u, v đến tâm của bộ lọc
 - D_0 : hằng số



Hình 14. Biểu diễn trong không gian của lọc thông thấp Gaussian

- Ảnh 1: Biểu diễn bộ lọc trong không gian 3 chiều
- Ảnh 2: Biểu diễn bộ lọc trong không gian 2 chiều
- Ảnh 3: Biểu diễn các khoảng cách giữa $H(u, v)$ & $D(u, v)$ với các giá trị bậc n

Ví dụ bộ lọc thông thấp Gaussian



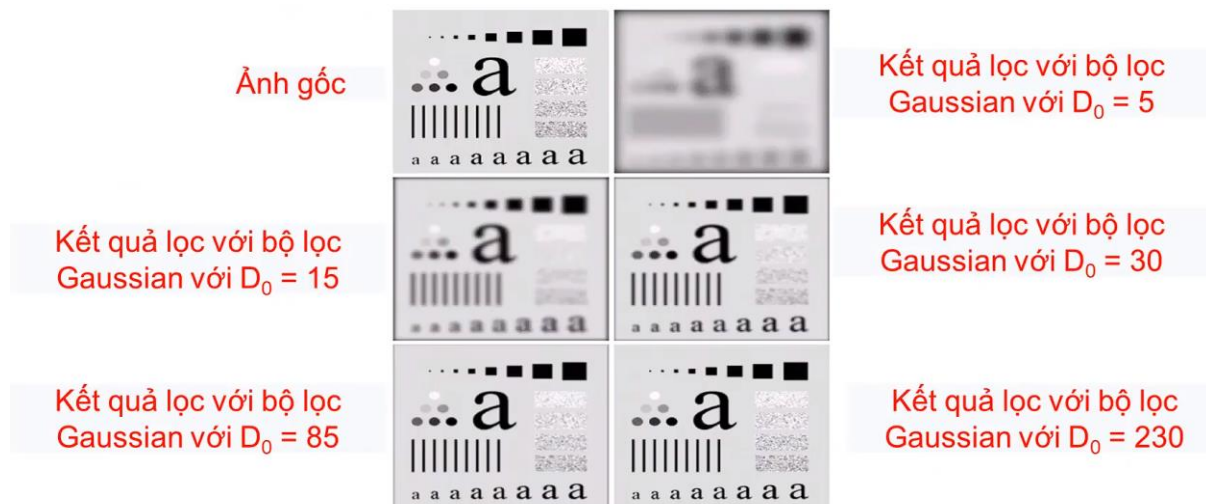
Hình 15. Ví dụ lọc thông thấp Gaussian

Đầu tiên ta có ảnh gốc có kích thước $M \times N$:

- Bước 1: Mở rộng ảnh gốc lên gấp 4 lần để có kích thước $P \times Q$, tạo thành ảnh mở rộng.

- Bước 2: Tiếp theo, thực hiện phép nhân ảnh mở rộng với hàm $(-1)^{x+y}$, tạo ra ảnh số 3.
 - Bước 3: Thực hiện biến đổi Fourier trên ảnh đã nhân, tạo thành ảnh số 4.
 - Bước 4: Tạo bộ lọc thông thấp Gaussian với $D_0 = 30$, tạo ra phổ tần số của bộ lọc.
 - Bước 5: Nhân từng cặp điểm tần số trong biến đổi Fourier với tần số của bộ lọc.
 - Bước 6.1: Thực hiện biến đổi ngược Fourier trên ảnh đã được lọc, tạo ra ảnh số 7.
 - Bước 6.2: Tính toán phần thực của ảnh sau biến đổi ngược và nhân với hàm $(-1)^{x+y}$ để lấy các điểm trung tâm và ta lấy ở $\frac{1}{4}$ của bộ lọc, tạo ra ảnh số 8.
 - Bước 7: Cuối cùng, thu được ảnh cuối cùng có kích thước ban đầu $M \times N$ sau khi thực hiện biến đổi Fourier thuận và ngược.
- ⇒ Từ ảnh ban đầu, sau khi lọc thông thấp Gaussian với $D_0 = 30$ ta thấy ảnh rất nhòe so với ảnh ban đầu, mức độ mịn ảnh sẽ tùy thuộc vào D_0 .

Ví dụ minh họa lọc thông thấp Gaussian với các D_0



Hình 16. Ví dụ lọc thông thấp Gaussian với các D_0

2. Kỹ thuật lọc sắc nét ảnh (Lọc thông cao)

Các chi tiết nét trong hình ảnh thường liên quan chặt chẽ đến các thành phần tần số cao của nó.

Khi sử dụng các bộ lọc thông cao (High pass filters), chỉ các thành phần tần số cao được ưu tiên, trong khi các thành phần tần số thấp bị loại bỏ.

Do đó, có thể nói rằng bộ lọc thông cao đóng vai trò như nghịch đảo của bộ lọc thông thấp, trong đó chúng tăng cường các thành phần tần số cao và loại bỏ các thành phần tần số thấp:

$$H_{hp}(u, v) = 1 - H_{lp}(u, v) \quad (12)$$

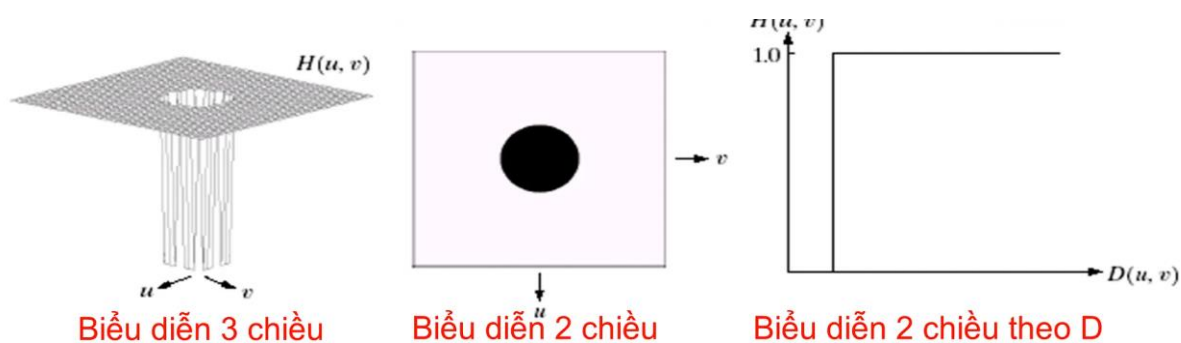
2.1. Lý tưởng (Ideal)

Từ bộ lọc thông thấp Ideal, khi ta thực hiện phép nghịch đảo, chúng ta thu được bộ lọc Ideal thông cao.

$$H(u, v) = \begin{cases} 1, & D(u, v) \leq D_0 \\ 0, & D(u, v) > D_0 \end{cases} \quad (\text{Ideal thông thấp})$$

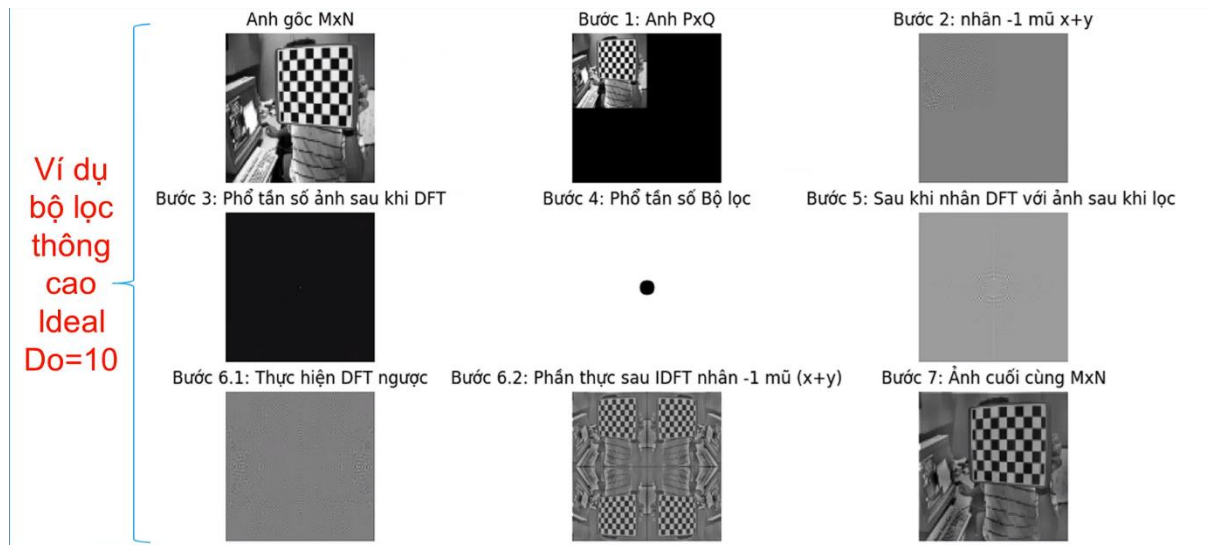


$$H(u, v) = \begin{cases} 0, & D(u, v) \leq D_0 \\ 1, & D(u, v) > D_0 \end{cases} \quad (13) \quad (\text{Ideal thông cao})$$



Hình 17. Biểu diễn trên các không gian của lọc thông cao Ideal

Ví dụ bộ lọc thông cao Ideal có $D_0 = 10$

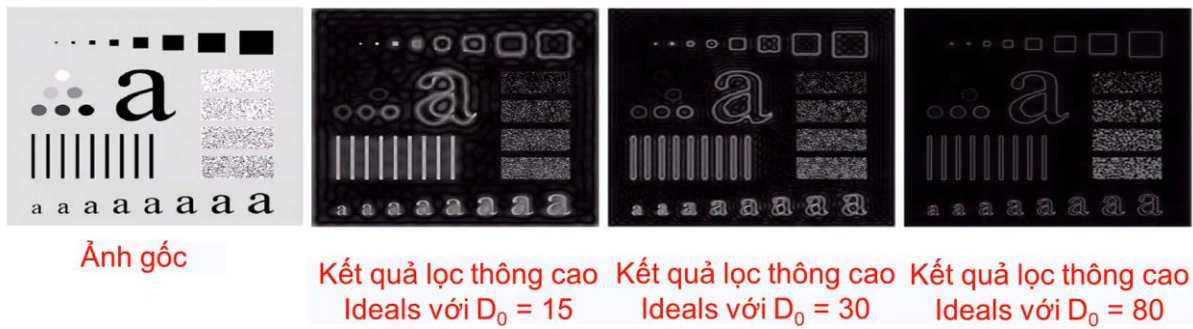


Hình 18. Ví dụ bộ lọc thông thấp Ideal

Đầu tiên ta có ảnh gốc có kích thước $M \times N$:

- Bước 1: Mở rộng ảnh gốc lên gấp 4 lần để có kích thước $P \times Q$, tạo thành ảnh mở rộng.
 - Bước 2: Tiếp theo, thực hiện phép nhân ảnh mở rộng với hàm $(-1)^{x+y}$, tạo ra ảnh số 3.
 - Bước 3: Thực hiện biến đổi Fourier trên ảnh đã nhân, tạo thành ảnh số 4.
 - Bước 4: Tạo bộ lọc thông cao Ideal với $D_0 = 10$, tạo ra phổ tần số của bộ lọc (chấm đen như trên ảnh, tùy theo D_0 mà ta muốn thì nó sẽ có bán kính khác nhau).
 - Bước 5: Nhân từng cặp điểm tần số trong biến đổi Fourier với tần số của bộ lọc.
 - Bước 6.1: Thực hiện biến đổi ngược Fourier trên ảnh đã được lọc, tạo ra ảnh số 7.
 - Bước 6.2: Tính toán phần thực của ảnh sau biến đổi ngược và nhân với hàm $(-1)^{x+y}$ để lấy các điểm trung tâm và ta lấy ở $\frac{1}{4}$ của bộ lọc, tạo ra ảnh số 8.
 - Bước 7: Cuối cùng, thu được ảnh cuối cùng có kích thước ban đầu $M \times N$ sau khi thực hiện biến đổi Fourier thuận và ngược.
- ⇒ Từ ảnh ban đầu, sau khi lọc thông cao Ideal với $D_0 = 10$ ta thấy ảnh rất sắc nét so với ảnh ban đầu.

Ví dụ bộ lọc thông cao Ideals với các D_0 khác nhau



Hình 19. Ví dụ bộ lọc thông cao Ideal với các D_0 khác nhau

2.2. Lọc Butterworth

Từ bộ lọc thông thấp Butterworth, khi ta thực hiện phép nghịch đảo, chúng ta thu được bộ lọc Butterworth thông cao.

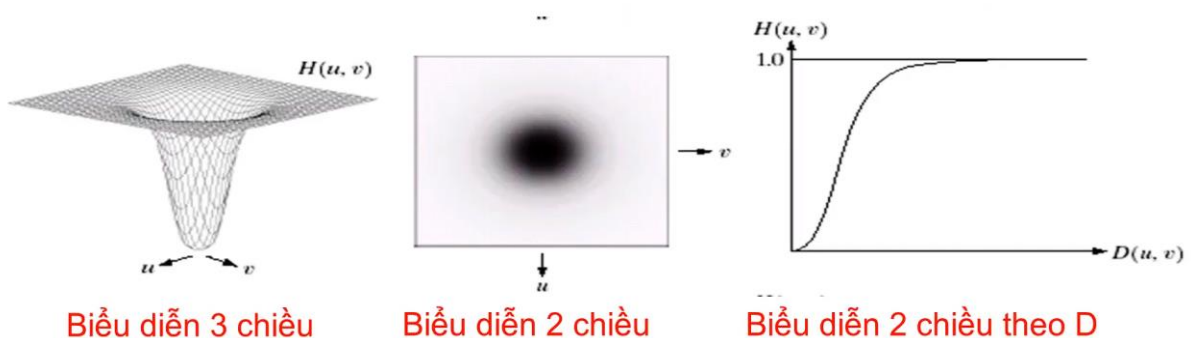
$$H(u, v) = \frac{1}{1 + \left[\frac{D(u, v)}{D_0} \right]^{2n}} \quad (\text{Butterworth thông thấp})$$



$$H(u, v) = \frac{1}{1 + \left[\frac{D_0}{D(u, v)} \right]^{2n}} \quad (14) \quad (\text{Butterworth thông cao})$$

○ Trong đó:

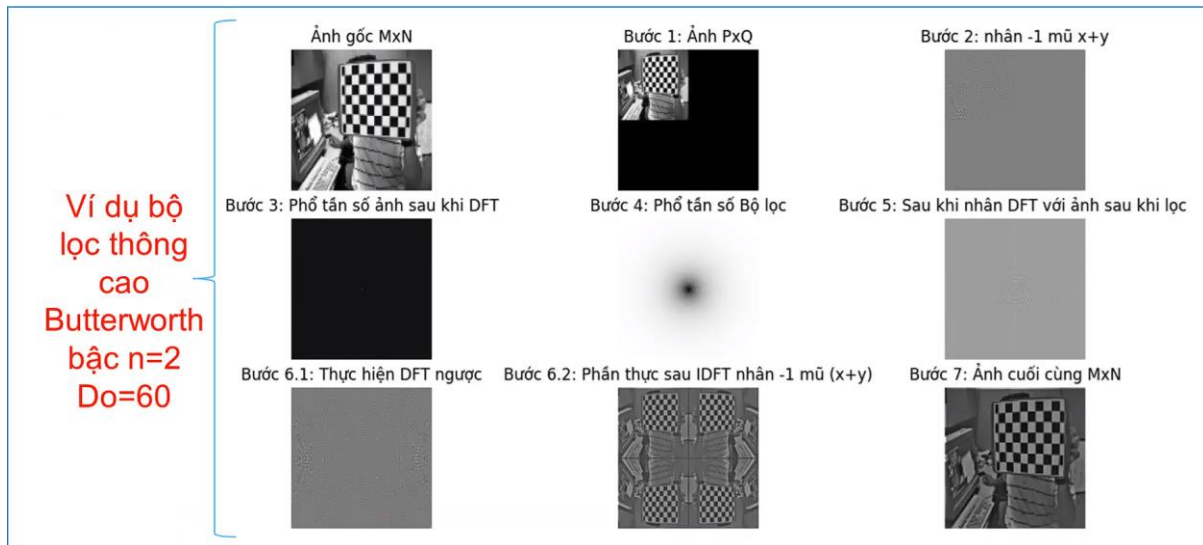
- $D(u, v)$: Khoảng cách từ điểm u, v đến tâm của bộ lọc
- D_0 : hằng số
- n : bậc của bộ lọc



Hình 20. Biểu diễn bộ lọc Butterworth trong các không gian

- Ảnh 1: Nghịch đảo lại với Butterworth thông thấp với biểu diễn 3 chiều
- Ảnh 2: Nghịch đảo biểu diễn với không gian 2 chiều

- Ảnh 3: Đồ thị biểu diễn giữa Butterworth thông cao với thông thấp

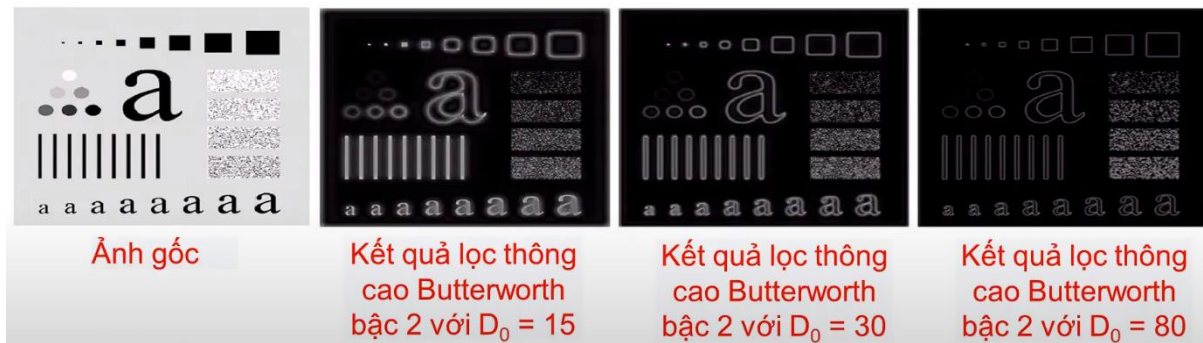


Hình 21. Ví dụ bộ lọc thông cao Butterworth

Đầu tiên ta có ảnh gốc có kích thước $M \times N$:

- Bước 1: Mở rộng ảnh gốc lên gấp 4 lần để có kích thước $P \times Q$, tạo thành ảnh mở rộng.
 - Bước 2: Tiếp theo, thực hiện phép nhân ảnh mở rộng với hàm $(-1)^{x+y}$, tạo ra ảnh số 3.
 - Bước 3: Thực hiện biến đổi Fourier trên ảnh đã nhân, tạo thành ảnh số 4.
 - Bước 4: Tạo bộ lọc thông cao Butterworth với $D_0 = 60$ và bậc $n = 2$, tạo ra phổ tần số của bộ lọc.
 - Bước 5: Nhân từng cặp điểm tần số trong biến đổi Fourier với tần số của bộ lọc.
 - Bước 6.1: Thực hiện biến đổi ngược Fourier trên ảnh đã được lọc, tạo ra ảnh số 7.
 - Bước 6.2: Tính toán phần thực của ảnh sau biến đổi ngược và nhân với hàm $(-1)^{x+y}$ để lấy các điểm trung tâm và ta lấy ở $\frac{1}{4}$ của bộ lọc, tạo ra ảnh số 8.
 - Bước 7: Cuối cùng, thu được ảnh cuối cùng có kích thước ban đầu $M \times N$ sau khi thực hiện biến đổi Fourier thuận và ngược.
- ⇒ Từ ảnh ban đầu, sau khi lọc thông thấp Butterworth với $D_0 = 60$ và bậc $n = 2$ ta thấy ảnh trở nên sắc nét hơn so với ảnh ban đầu.

Ví dụ bộ lọc thông cao Butterworth



Hình 22. Ví dụ bộ lọc thông cao với các giá trị D_0

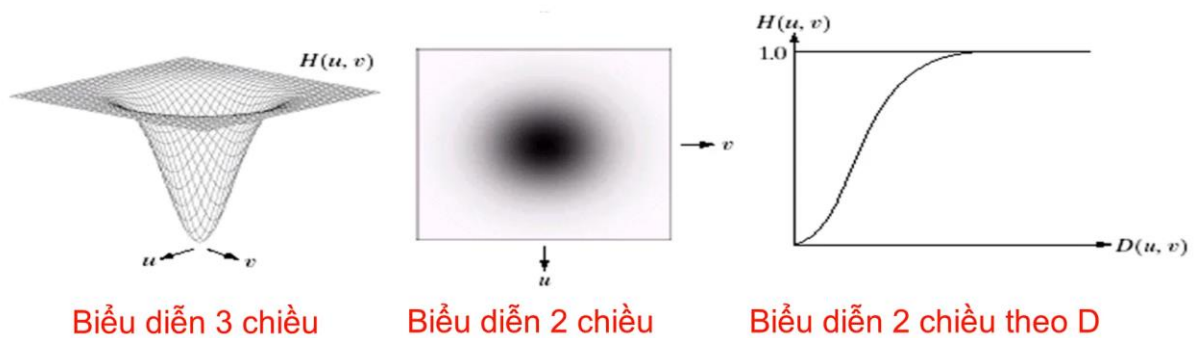
2.3. Lọc Gaussian

Từ bộ lọc thông thấp Gaussian, khi ta thực hiện bằng cách trừ đi bộ lọc thông thấp Gaussian, chúng ta thu được bộ lọc Gaussian thông cao

$$H(u, v) = e^{\frac{-D^2(u, v)}{2D_0^2}}$$



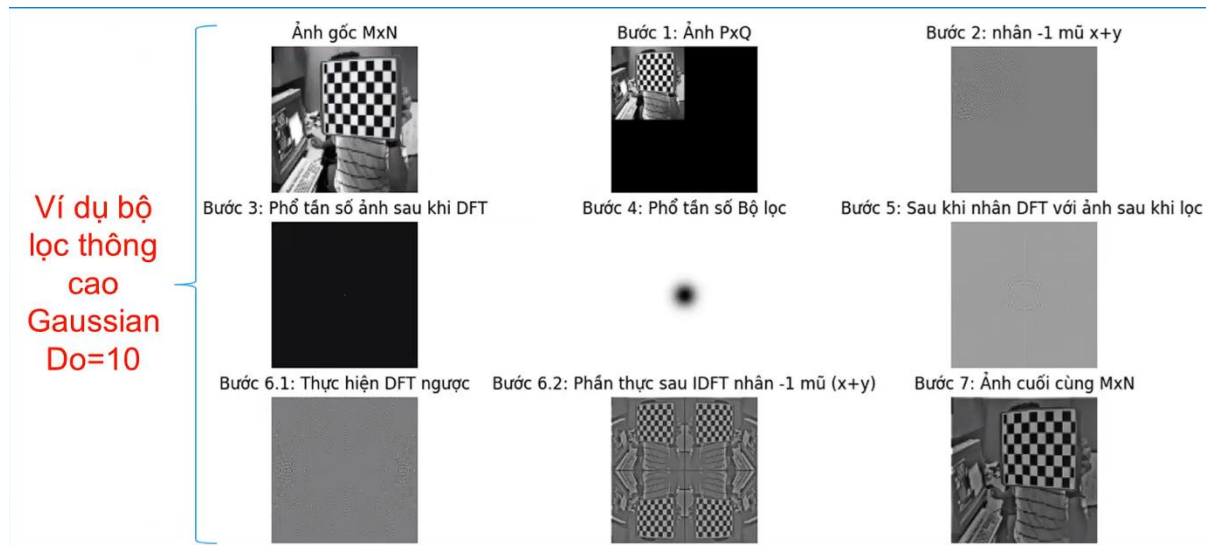
$$H(u, v) = 1 - e^{\frac{-D^2(u, v)}{2D_0^2}}$$



Hình 23. Biểu diễn bộ lọc thông cao Gaussian trong không gian

- Ảnh 1: Ảnh biểu diễn trong không gian 3 chiều
- Ảnh 2: Biểu diễn trong không gian 2 chiều
- Ảnh 3: Khoảng cách giữa $H(u, v)$ và $D(u, v)$ theo D_0

Ví dụ bộ lọc thông cao Gaussian $D_0 = 10$

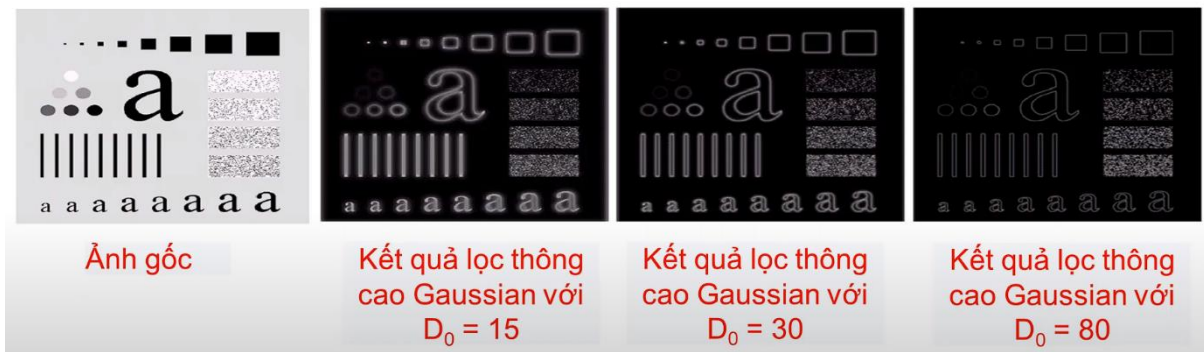


Hình 24. Ví dụ bộ lọc thông cao Gaussian

Đầu tiên ta có ảnh gốc có kích thước $M \times N$:

- Bước 1: Mở rộng ảnh gốc lên gấp 4 lần để có kích thước $P \times Q$, tạo thành ảnh mở rộng.
 - Bước 2: Tiếp theo, thực hiện phép nhân ảnh mở rộng với hàm $(-1)^{x+y}$, tạo ra ảnh số 3.
 - Bước 3: Thực hiện biến đổi Fourier trên ảnh đã nhân, tạo thành ảnh số 4.
 - Bước 4: Tạo bộ lọc thông cao Gaussian với $D_0 = 30$, tạo ra phổ tần số của bộ lọc.
 - Bước 5: Nhân từng cặp điểm tần số trong biến đổi Fourier với tần số của bộ lọc.
 - Bước 6.1: Thực hiện biến đổi ngược Fourier trên ảnh đã được lọc, tạo ra ảnh số 7.
 - Bước 6.2: Tính toán phần thực của ảnh sau biến đổi ngược và nhân với hàm $(-1)^{x+y}$ để lấy các điểm trung tâm và ta lấy ở $\frac{1}{4}$ của bộ lọc, tạo ra ảnh số 8.
 - Bước 7: Cuối cùng, thu được ảnh cuối cùng có kích thước ban đầu $M \times N$ sau khi thực hiện biến đổi Fourier thuận và ngược.
- ⇒ Từ ảnh ban đầu, sau khi lọc thông cao Gaussian với $D_0 = 30$ ta thấy ảnh rõ nét hơn so với ảnh ban đầu, mức độ mịn ảnh sẽ tùy thuộc vào D_0 .

Ví dụ bộ lọc thông cao Gaussian với các D_0



Hình 25. Ví dụ bộ lọc thông cao với các D_0

CHƯƠNG IV. KẾT LUẬN

Trong báo cáo này, chúng ta đã thảo luận về một loạt các phương pháp nâng cao chất lượng ảnh trong miền tần số. Bằng cách tập trung vào việc thực hiện biến đổi Fourier và sử dụng các kỹ thuật lọc trong miền tần số, chúng ta có thể điều chỉnh độ sắc nét, độ tương phản và loại bỏ nhiễu trong ảnh. Qua việc áp dụng các phương pháp này, chúng ta có thể tạo ra những bức ảnh hấp dẫn và thú vị hơn, phản ánh chính xác và đầy đủ mục đích sử dụng của ảnh gốc. Tuy nhiên, việc lựa chọn phương pháp phù hợp với từng tình huống cụ thể và hiểu biết sâu sắc về các kỹ thuật trong miền tần số là điều quan trọng để đạt được kết quả tối ưu trong việc nâng cao chất lượng ảnh.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Geeksforgeeks. (n.d.). *OpenCV - Python Tutorials*. Retrieved from

<https://www.geeksforgeeks.org/opencv-python-tutorial/>

PGS. TS. Đỗ Toàn Năng. (n.d.). *Bài Giảng Xử Lí Ảnh*.