BrienHoldenVisionInstitute

LỌC TẦN SỐ KHÔNG GIAN: GIỚI THIỆU VỀ ĐỘ NHẠY TƯƠNG PHẢN

TÁC GIẢ

Thomas Salmon: Đại học bang Northeastern, Hoa kì

THẨM ĐỊNH

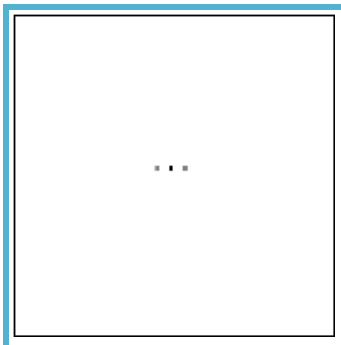
Scott Steinman: Đại học khúc xạ nhãn khoa Nam California, Hoa kì

CHƯƠNG NÀY BAO GỒM CÁC NỘI DUNG:

- Lọc tần số không gian (spatial filtering)
- Độ nhạy tương phản

ÔN TẬP

Câu hỏi: Thông tin gì được chứa trong phổ tần số không gian (biến đổi Fourier) của một ảnh?
Trả lời: _____



0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	**0.5**	0.0	0.0	**1.0**	0.0	0.0	**0.5**	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Hình 14-1: *Biểu đồ thang độ xám của dữ liệu trong phổ tần số không gian của một ảnh, với một mẫu các số từ trung tâm của bảng dữ liệu*

ÔN TẬP (TIẾP THEO)

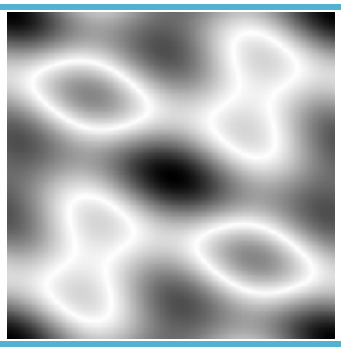
Câu hỏi: Các tần số không gian thấp góp phần gì vào ảnh?
Trả lời: _____

Câu hỏi: Các tần số không gian cao góp phần gì vào ảnh?
Trả lời: _____

Câu hỏi: Lọc tần số không gian là gì?
Trả lời: _____

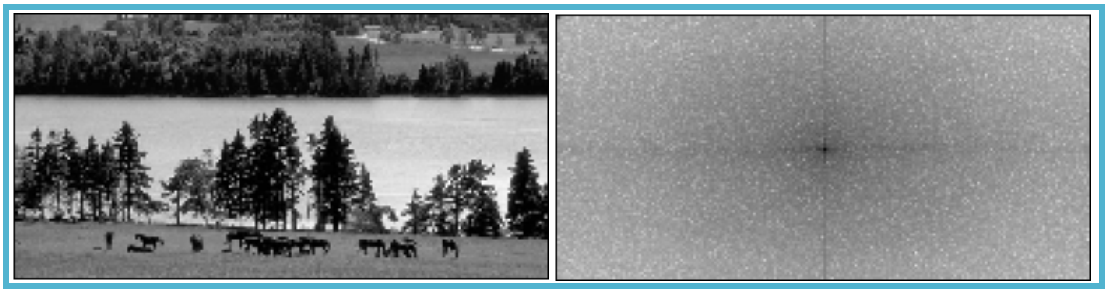
Câu hỏi: Ảnh nhìn sẽ thế nào nếu các tần số không gian cao bị lọc bỏ?
Trả lời: _____

0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**0.4**	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	**0.5**	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	**0.5**	0.0	**1.0**	0.0	**0.5**	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	**0.5**	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	**0.4**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0



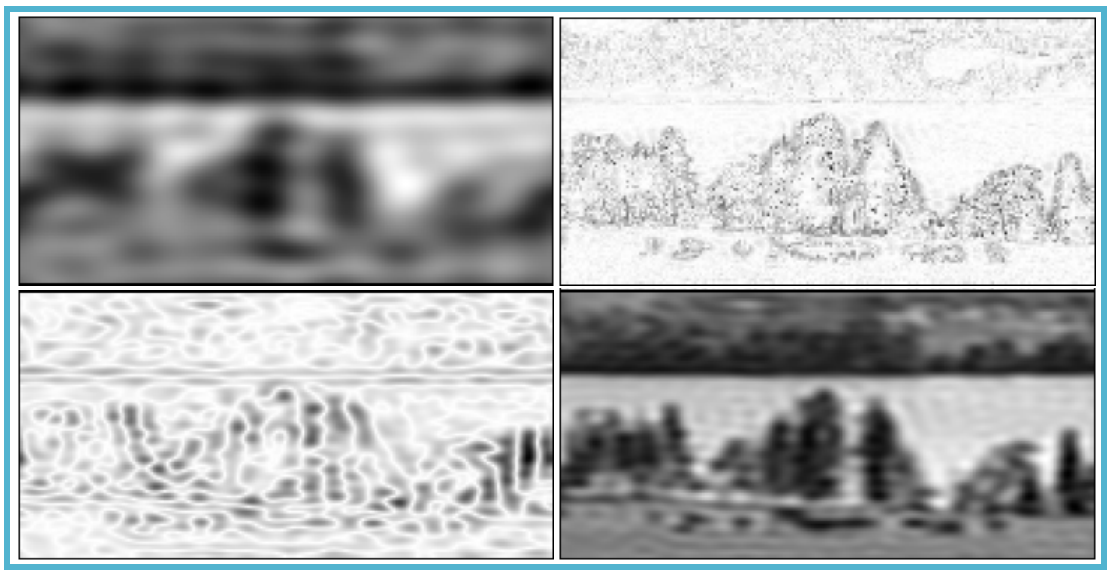
Hình 14-2: *Bắt đầu bằng phổ tần số không gian (giá trị giữa ở bên trái), chúng ta có thể tính biến đổi Fourier ngược của nó để tạo ra ảnh bên phải*

Với bất kì ảnh nào, bạn có thể tính biến đổi Fourier của nó để có phổ tần số không gian của ảnh. 2 bộ dữ liệu, ảnh không gian và phổ tần số không gian của nó, là một cặp được liên kết bằng phương pháp toán học của biến đổi Fourier. Hình 14.3 là thí dụ của một ảnh không gian và phổ tần số không gian của nó.



Hình 14-3: *Thí dụ một ảnh không gian (hình trái) và biểu đồ thang độ xám phổ tần số không gian của nó (hình phải)*

ÔN TẬP (TIẾP THEO)



Hình 14-4: *Bắt đầu bằng phổ tần số không gian (giá trị giữa ở bên trái), chúng ta có thể tính biến đổi Fourier ngược của nó để tạo ra ảnh bên phải*

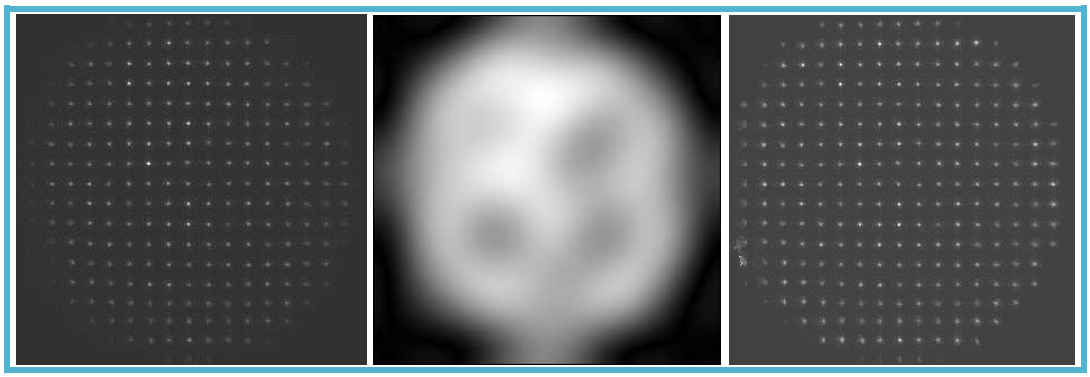
Hình 14.4 cho thấy 4 ảnh là các phiên bản đã được lọc tần số không gian của ảnh ở Hình 14.3.

Câu hỏi: Bạn có thể nhận biết loại lọc được thực hiện ở mỗi ảnh hay không?

LỌC TẦN SỐ KHÔNG GIAN

Một áp dụng của biến đổi Fourier và lọc tần số không gian được minh họa trong Hình 14.5. Ảnh bên trái cho thấy một ảnh dữ liệu Shack-Hartmann thô. Quang sai kế Shack-Hartmann chiếu một chùm sáng nhỏ vào mắt, sau đó đo ánh sáng phản xạ ra. Chùm sáng phản xạ ra ngoài mắt đi qua một dãy thấu kính cộng, nó tách chùm sáng rộng thành nhiều chùm nhỏ hơn. Ánh sáng từ mỗi chùm được hội tụ vào một điểm, do đó ảnh dữ liệu thô trông như là một dãy hình tròn các chấm trên một nền đen. Để tính quang sai của mắt, chúng ta phải phân tích vị trí của mỗi chấm. Do đó, việc phân tích đòi hỏi xác định vị trí của mỗi chấm, nhưng một số chấm, đặc biệt những chấm ở gần rìa thì mờ hơn và khó thấy.

Câu hỏi: Dựa vào những kiến thức đã học, tại sao các chấm ở gần bờ đồng tử có vẻ tối hơn?



Hình 14-5: *Dữ liệu thô (hình trái) được chia cho phiên bản được lọc thông thấp của cùng ảnh đó (hình giữa) để cân bằng độ sáng của các chấm. Kết quả (hình phải) cho thấy độ sáng các chấm đồng đều hơn*

Để cải thiện phân tích Shack-Hartmann ở toàn bộ đồng tử, các chấm ở chu vi cần phải sáng hơn. Để làm điều này, người ta thực hiện các bước sau:

- Phân tích Fourier ảnh dữ liệu thô (ảnh trái, Hình 14-5)
- Lọc thông thấp trong mật độ phổ (loại bỏ tất cả trừ các tần số không gian thấp nhất)
- Tính biến đổi Fourier ngược, việc này tạo ra sự thay đổi dần và toàn diện ở độ sáng ảnh làm cho một số chấm ở ảnh gốc tối hơn các chấm khác
- Chia các giá trị ở ảnh gốc (bên trái) cho ảnh đã được lọc thông thấp (ở giữa) để tạo ra ảnh đã được chỉnh (bên phải). Chú ý rằng độ sáng của các chấm đồng đều hơn. Điều này đơn giản hóa việc phân tích vị trí của các chấm ở chu vi đồng tử

ĐỘ NHẠY TƯƠNG PHẢN

Ảnh võng mạc được tạo ra bởi quang hệ của mắt (giác mạc và thể thủy tinh), nhưng nó chỉ là phần đầu tiên của quá trình thị giác. Từ võng mạc đến não, ảnh võng mạc được chuyển thành tín hiệu điện được xử lí thần kinh. Chú ý rằng thị giác phụ thuộc vào 2 quá trình:

- Tạo ảnh bởi quang hệ
- Xử lí ảnh của hệ thần kinh

ĐỘ NHẠY TƯƠNG PHẢN (TIẾP THEO)

MTF mô tả phần thứ nhất của hệ thống: quang học.

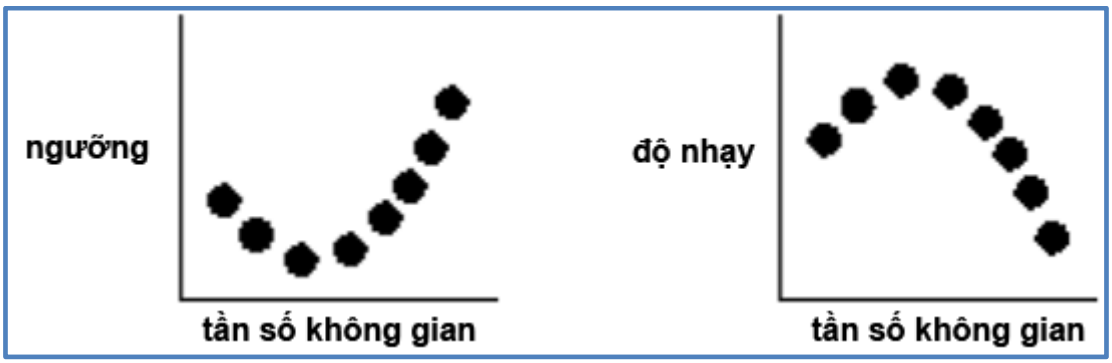
Hãy mô tả ý nghĩa của MTF
Trả lời: _____

Câu hỏi: Hãy mô tả hình dạng của biểu đồ MTF.
Trả lời: _____

Khi đo thị lực chủ quan của một người, chúng ta đo sản phẩm cuối của cả sự tạo ảnh quang học và quá trình xử lí ảnh của hệ thần kinh. Cũng như đo quang học, cách tốt nhất để đánh giá hiệu năng thị giác là xem bệnh nhân nhìn rõ đến mức nào các cách tử sóng sin trên một dải các tần số không gian.

Có thể đo theo cách sau:

- Chọn một tần số không gian, thí dụ 1 chu kì/độ
- Thay đổi độ tương phản để xác định **ngưỡng tương phản** ở đó bệnh nhân vừa đủ nhìn thấy các sọc. Tương phản Michelson được sử dụng, do đó ngưỡng tương phản sẽ có một giá trị trong khoảng giữa 1.0 và 0
- Tính nghịch đảo của ngưỡng tương phản để được **độ nhạy tương phản**. Khi ngưỡng thấp thì độ nhạy cao. Điều này cho biết rằng (đối với tần số không gian được dùng) thị lực của bệnh nhân tốt, bởi vì bệnh nhân có thể thấy các sọc, ngay cả khi chúng có tương phản thấp
- Làm lại ở các tần số không gian khác. **Tần số cắt** của mắt người bình thường là khoảng 40-60 chu kì/độ
- Vẽ biểu đồ độ nhạy (trục y) theo tần số không gian (trục x). **Đây là hàm độ nhạy tương phản (CSF)**



Hình 14-6: *CSF được xác định bằng cách đầu tiên đo ngưỡng tương phản theo tần số không gian, sau đó lấy nghịch đảo của số này*

Mặc dù có những điểm giống nhau giữa MTF và CSF, có một số điểm khác nhau quan trọng:

- MTF mô tả hiệu suất quang học, CSF bao gồm tác dụng phối hợp của hệ thống quang học và quá trình xử lí thần kinh của toàn bộ hệ thống thị giác. Nói một cách khác, MTF mô tả hệ thống quang học, CSF mô tả hệ thống thị giác.
- MTF có thể được dùng để mô tả bất kì quang hệ nào, thí dụ, MTF của một ống kính máy ảnh. CSF được dùng cho hệ thống thị giác.
- MTF miêu tả mức độ truyền tương phản (hoặc tương phản ảnh) của hệ thống quang học ở các tần số không gian khác nhau. CSF miêu tả mức độ nhìn tương phản của hệ thống thị giác ở các tần số không gian khác nhau.

ĐỘ NHẠY TƯƠNG PHẢN (TIẾP THEO)

CÁC ĐẶC ĐIỂM CƠ BẢN CỦA HÀM ĐỘ NHẠY TƯƠNG PHẢN (CSF) CỦA NGƯỜI

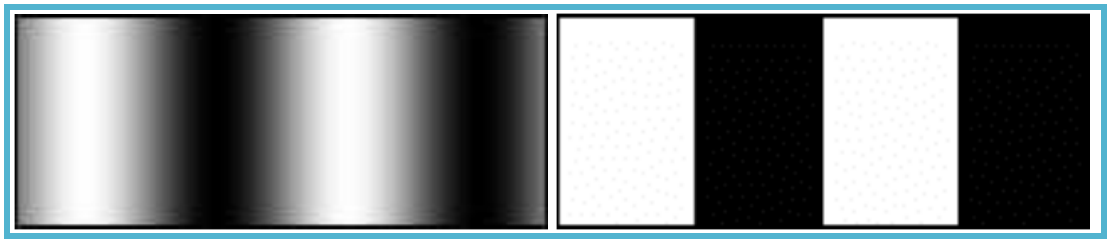
Schwartz, 2004 Hình 7-8 cho thấy một CSF điển hình của người. Chú ý rằng nó được vẽ trên các trục log-log. Cũng chú ý các tên trục. Hàm độ nhạy tương phản bình thường có các đặc điểm sau:

- Độ nhạy giảm nhẹ ở các tần số không gian thấp nhất. Chú ý là điều này khác với MTF
- Độ nhạy cực đại ở khoảng 4 chu kì/độ
- Sự giảm tới 0 ở các tần số không gian cao. Tần số mà ở đó nó giảm tới 0 là tần số không gian cao nhất mà mắt có thể phân giải, và được gọi là tần số cắt, hoặc giới hạn phân giải không gian
- Đối với một người có thị lực tốt, ngưỡng tần số cao là khoảng 40-60 chu kì/độ

Cũng như với MTF, có những ưu điểm của việc sử dụng các cách tử sóng sin để đo độ nhạy tương phản. Tuy nhiên, bạn cũng có thể đo độ nhạy tương phản bằng các cách tử sóng vuông hoặc các chữ cái. Để làm như vậy, đầu tiên chọn một cách tử (hoặc chữ cái) có kích thước cụ thể (một tần số không gian) và thay đổi tương phản để xác định ngưỡng. Đo lại ngưỡng tương phản với các hình thử có nhiều kich thước, thí dụ các sọc lớn và nhỏ hoặc các chữ lớn và nhỏ. Nghịch đảo của ngưỡng tương phản là độ nhạy tương phản. Trình bày độ nhạy theo tần số không gian sẽ được CSF (Hình 14-6).

Khi đo độ nhạy tương phản, một ưu điểm của việc dùng cách tử sóng sin là nó chỉ có một tần số không gian duy nhất.

Nếu dùng cách tử sóng vuông hoặc chữ cái để đo độ nhạy tương phản, vật tiêu sẽ có nhiều tần số không gian (Hình 14-7). Hình 7-5 trong Schwartz minh họa các thành phần tần số không gian của một cách tử sóng vuông, và nó cho thấy là sóng vuông được tạo bởi nhiều tần số không gian: **một tần số cơ bản** và các sóng điều hòa cao hơn là các bội số lẻ (3, 5, 7 …) của tần số cơ bản.



Hình 14-7: *2 loại cách tử, cả hai đều có 2 chu kì. Hình bên trái được tạo thành bởi một cách tử sóng sin. Hình bên phải cũng có 2 chu kì, nhưng nó dựa vào một hàm sóng vuông*

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Schwartz SH. **Visual Perception - A Clinical Orientation, 3rd Edition**. Appleton & Lange, Stamford, Connecticut, 2004