BrienHoldenVisionInstitute

HÀM CHUYỂN ĐIỀU BIẾN

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:

- Hàm chuyển điều biến (modulation transfer function = MTF)

HÀM CHUYỂN ĐIỀU BIẾN

Tất cả các ảnh đều có thể được tạo ra bởi các cách tử sóng sin và tất cả các quang hệ, cũng như hệ thống thần kinh thị giác của chúng ta, xử lí các ảnh bằng biến đổi Fourier, do đó một cách tốt để đánh giá cả chức năng quang học và hiệu năng thị giác là đo bằng các cách tử sóng sin.

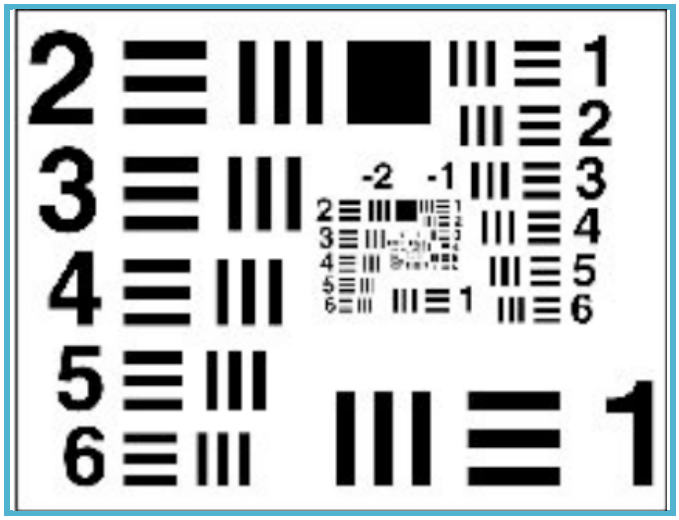
Tất cả các quang hệ tạo ảnh, bao gồm cả mắt người, đều tạo ra các ảnh chưa hoàn hảo. Chúng ta có thể nói rằng quang hệ truyền phân bố độ chói của vật đến ảnh, nhưng trong quá trình này bao giờ cũng có tổn thất một phần. Ngay cả ở một mắt có tật khúc xạ cầu và loạn thị được chỉnh hoàn hảo, các ảnh hưởng quang học như **nhiễu xạ, quang sai bậc cao**, và có thể cả **tán xạ** cũng làm giảm một phần chất lượng ảnh. So với vật, ngay cả ảnh tốt nhất cũng có độ tương phản hơi thấp hơn. Mức độ giảm tương phản thay đổi tùy theo tần số không gian của cách tử sóng sin trong ảnh. Tức là các ảnh tần số không gian cao thường bị giảm tương phản nhiều hơn các ảnh tần số không gian thấp. Một cách để cho thấy hiệu suất tạo ảnh của một quang hệ là mô tả mức độ giảm tương phản với các cách tử sóng sin có các tần số không gian khác nhau.

Điều này có thể được thực hiện theo cách sau, được minh họa ở Schwartz, 2004 (Hình 7-6). Nếu một mẫu thử hình sin được đưa ra trước một quang hệ thì ảnh vẫn **là hình sin với tần số không gian không đổi**, nhưng có **tương phản** hơi giảm. Đôi khi tương phản được gọi là điều biến. Sự giảm tương phản thay đổi theo tần số không gian, và thường giảm nhiều hơn ở các tần số cao. Chúng ta quan tâm đến việc đo mức độ tương phản (hoặc điều biến) được truyền từ vật đến ảnh đối với mỗi tần số.

Chúng ta có thể nói lại khái niệm này bằng một cách khác. Một cách để đánh giá hiệu năng quang học (thí dụ của một máy ảnh) là so sánh chất lượng của ảnh với chất lượng của vật thật. Một máy ảnh rất tốt sẽ tạo ra các ảnh đặc biệt rõ hầu như giống hệt vật, nhưng một máy ảnh rẻ tiền sẽ tạo ra một ảnh chất lượng kém hơn và mờ hơn.

Các kĩ sư có phương pháp hơn, và họ sử dụng các hình thử tiêu chuẩn tương phản cao. Bằng cách so sánh hình thử (vật) và ảnh của nó, họ có thể xác định mức độ chuyển tương phản từ vật đến ảnh của quang hệ. Các hình thử che một khoảng rộng các tần số không gian, và nó cho phép họ thấy được chất lượng của quang hệ. Hình 13-1 là một thí dụ của một hình thử quang học được sử dụng bởi Không lực Hoa kì. Chú ý rằng hình thử đặc biệt này không dùng các cách tử sóng sin mà dùng các cách tử sóng vuông.

HÀM CHUYỂN ĐIỀU BIẾN (TIẾP THEO)



Hình 13-1: *Hình thử USAF 1951*

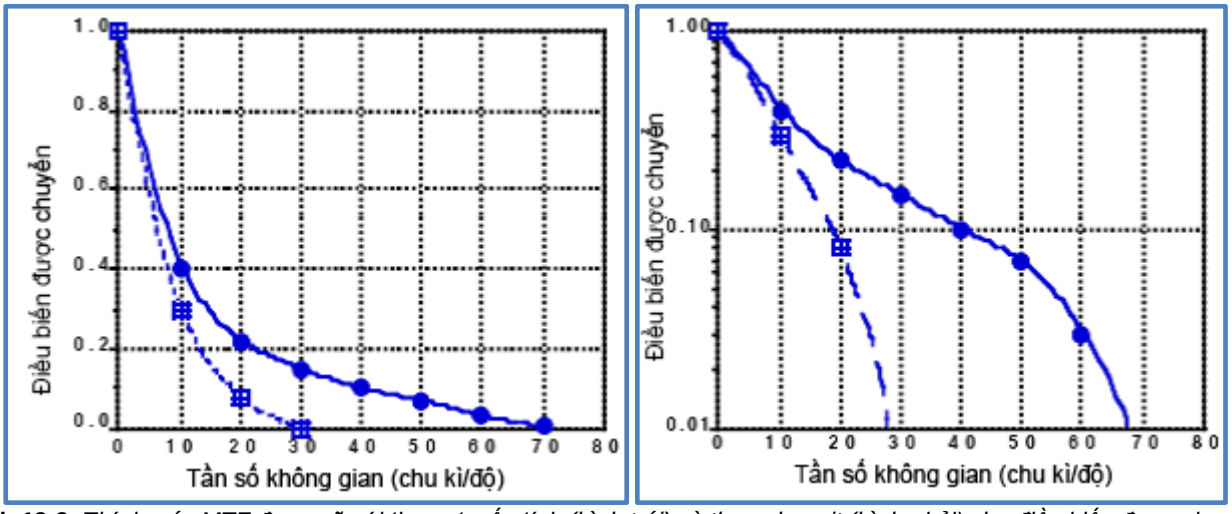
Câu hỏi: Các cách tử sóng sin về hình dạng khác gì so với bảng ở Hình 13.1?
Trả lời: _____

Câu hỏi: 2 ưu điểm của việc dùng các cách tử sóng sin làm hình thử là gì?
Trả lời: _____

Hàm chuyển điều biến là một cách tiêu chuẩn để mô tả hiệu suất tạo ảnh của một quang hệ. Nó dựa vào nguyên lí đo hệ thống bằng các cách tử sóng sin. Để đo MTF, các cách tử sóng sin tương phản cao khác nhau được đưa ra trước quang hệ và tương phản ở ảnh được so sánh với tương phản ở hình thử. Đối với mỗi tần số không gian, **điều biến (hoặc tương phản) được chuyển** từ vật tới ảnh được tính theo phương trình dưới đây:

$$\text{Điều biến được chuyển} = \frac{\text{(tương phản ảnh)}}{\text{(tương phản vật)}}$$

Giá trị bằng 1.0 cho biết là tương phản của ảnh bằng tương phản của vật, tức là không có giảm tương phản, và với tần số không gian đó thì ảnh là hoàn hảo. Thí dụ, nếu đo điều biến được chuyển bằng một tập hợp lớn các cách tử sóng sin dọc có tần số không gian khác nhau như thường vẫn làm thì chúng ta có thể vẽ được một biểu đồ MTF, với tần số không gian ở trục x và điều biến được chuyển ở trục y (Hình 13-2).

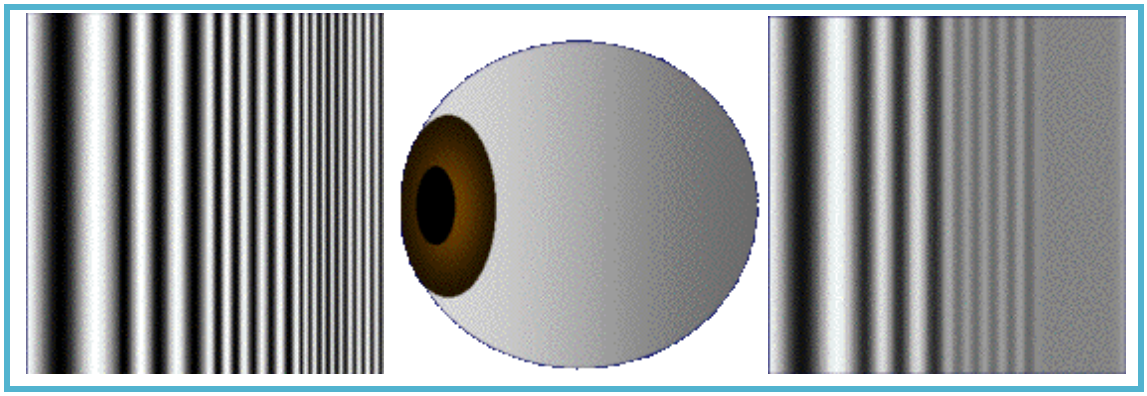


Hình 13-2: *Thí dụ các MTF được vẽ với thang tuyến tính (hình trái) và thang logarit (hình phải) cho điều biến được chuyển*

HÀM CHUYỂN ĐIỀU BIẾN (TIẾP THEO)

Hình 13-3 cũng mô tả khái niệm hiệu suất quang học bằng MTF. Trong hình đó, vật tiêu ở trước mắt có nhiều tần số không gian khác nhau (các sọc độ rộng khác nhau), do đó chúng ta có thể thấy sự giảm tương phản khác nhau thế nào ở các phần của ảnh. Chú ý các đặc điểm sau ở cả 2 hình 13-2 và 13-3:

- Hầu như không có giảm tương phản của các tần số không gian thấp nhất. Tức là điều biến được chuyển có giá trị bằng 1.0 ở ngoài xa bên trái của đường cong MTF
- Khi tần số không gian tăng thì giá trị điều biến được chuyển giảm một cách đều đặn
- **Tần số cắt** (cut-off frequency) là tần số mà ở đó MTF giảm tới 0



Hình 13-3: *Hàm chuyển điều biến mô tả hiệu suất quang học về tương phản được chuyển thế nào từ vật (trái) đến ảnh (bên phải). Chú ý sự giảm tương phản của ảnh võng mạc so với vật. Các tần số không gian nào cho thấy giảm tương phản nhiều nhất? (Ảnh của Tiến sĩ Susana Marcos, Instituto de Optica, Madrid, Tây ban nha)*

Schwartz, 2004 Hình 7-7 cho thấy các thí dụ khác của MTF của mắt và ảnh hưởng của các tật quang học đối với chất lượng ảnh.

- **Lệch tiêu** làm giảm hiệu suất quang học và làm mờ ảnh, làm giảm MTF ở các tần số không gian cao, nhưng không làm giảm MTF ở các tần số không gian thấp. Với lệch tiêu lớn hơn, ngưỡng tần số cao sẽ đến sớm hơn, đường cong sẽ bị dịch chuyển sang trái và xuống dưới. Các tật khúc xạ gây ra lệch tiêu. Lệch tiêu loại bỏ các tần số không gian cao ra khỏi ảnh, do đó nó tác dụng như một bể lọc loại ra các tần số không gian cao. Có thể coi nó như là **một bộ lọc thông thấp** (low-pass filter)
- **Tán xạ** ở các môi trường quang học làm giảm MTF ở các tần số không gian thấp cũng như các tần số không gian cao. Đục thể thủy tinh gây ra tán xạ.

TÓM TẮT

Hàm chuyển điều biến (MTF) cho biết quang hệ tạo thành ảnh như thế nào. Các cách tử sóng sin là các đơn thể cơ bản của mọi ảnh, do đó MTF có thể mô tả đầy đủ hiệu suất tạo ảnh bằng cách cho biết hệ thống tạo thành ảnh của cách tử sóng sin như thế nào.

Nói chung, sự mờ do quang học, như tật khúc xạ không được chỉnh kính, làm giảm MTF chỉ ở các tần số không gian cao và gây ra một **tần số cắt** thấp hơn. Mặt khác, các môi trường của mắt bị mờ đục làm tán xạ ánh sáng trong mắt, dẫn đến giảm MTF ở một dải tần số không gian rộng hơn, bao gồm cả các tần số không gian trung hoặc thậm chí thấp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

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