TRƯỜNG ĐẠI HỌC SÂN KHẤU – ĐIỆN ẢNH HÀ NỘI
KHOA CÔNG NGHỆ ĐIỆN ẢNH – TRUYỀN HÌNH

KỸ THUẬT AUDIO – VIDEO

CHƯƠNG 8 · PHẦN A

Từ ảnh tới con số

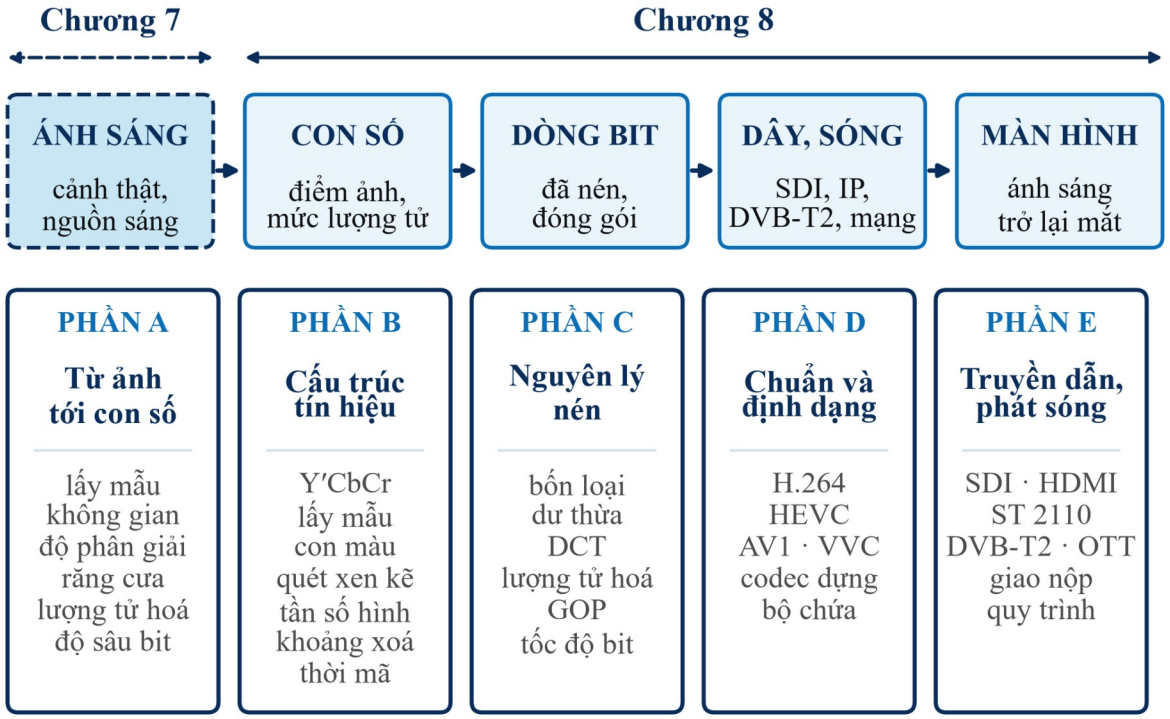
Mục 8.1 – 8.7 · Dành cho người học các ngành Quay phim, Đạo diễn, Dựng phim và Đạo diễn âm thanh

Hà Nội – 2026

Vị trí của chương trong học phần

- Chương 7 kết thúc khi mỗi điểm ảnh của cảnh quay đã là ba con số
- Chương 8 đi nốt quãng đường từ máy quay đến khi khán giả thấy hình trên màn hình
- Năm khối kiến thức: số hoá, cấu trúc tín hiệu, nén, chuẩn nén và tệp, truyền dẫn và quy trình

Chương 7 dừng ở đâu



Hình 8.1 — Vị trí của Chương 8 trong chuỗi kỹ thuật, và năm phần của chương

- Ba con số của mỗi điểm ảnh vẫn nằm trong máy quay; Chương 8 đưa chúng tới người xem

Bốn câu hỏi mà chương phải trả lời

- **Phần A.** Một cảnh quay thành con số bằng cách nào, và cần bao nhiêu con số?
- **Phần B.** Những con số ấy được sắp xếp ra sao trước khi nén?
- **Phần C và D.** Vì sao nén được, và nén bằng cách nào?
- **Phần E.** Tín hiệu đến người xem bằng đường nào, bản giao nộp phải đáp ứng yêu cầu gì?

Quan hệ với Chương 3: cùng một định lý

GHI NHỚ

Lấy mẫu, răng cưa, lượng tử hoá và SNR của hình ảnh áp dụng nguyên vẹn từ Chương 3.

- Khác biệt duy nhất: ở hình ảnh, lấy mẫu diễn ra trên hai chiều không gian
- Gặp khái niệm mới, tự hỏi nó ứng với đại lượng nào bên âm thanh
- Chỗ không còn tương ứng: hình ảnh có thêm chiều màu, màu được lấy mẫu thưa hơn độ chói (Phần B)

Cùng một khái niệm, hai miền tín hiệu

Khái niệm	Âm thanh (Chương 3)	Hình ảnh (chương này)
Lấy mẫu	Theo thời gian: 48 000 mẫu/giây	Hai chiều không gian (điểm ảnh) và thời gian (khung hình)
Tần số Nyquist	Một nửa tần số lấy mẫu, đơn vị Hz	Một nửa tần số lấy mẫu không gian, chu kỳ/điểm ảnh
Răng cưa	Tần số cao gấp ngược thành tiếng rít lạ	Chi tiết mịn gấp ngược thành vân moiré
Bộ lọc chống răng cưa	Lọc thông thấp điện tử	Lọc quang thông thấp trước cảm biến
Lượng tử hoá	16 hoặc 24 bit; sai số nghe thành nhiễu nền	8, 10, 12 bit; sai số nhìn thành đường viền giả
SNR	Xấp xỉ 6,02n + 1,76 dB	Cùng công thức, cùng con số
Dither	Nhiễu nhỏ xoá méo lượng tử	Nhiễu nhỏ xoá đường viền giả

Bộ thuật ngữ dùng trong chương (trích)

Thuật ngữ	Tiếng Anh	Ghi chú
Điểm ảnh	pixel	Một mẫu, không phải ô vuông có màu
Độ phân giải	resolution	Số mẫu theo hai chiều; khác độ nét thật đo được
Tỉ lệ điểm ảnh	pixel aspect ratio (PAR)	Tỉ số rộng/cao của một mẫu khi hiển thị
Khuôn hình	display aspect ratio (DAR)	Tỉ số của cả khung hình
Độ sâu bit	bit depth	Số bit cho mỗi thành phần màu
Dải hẹp · dải rộng	narrow · full range	16 – 235 và 0 – 255 ở tám bit
Dải màu (hiện tượng)	banding	Đường viền giả ở vùng chuyển sắc êm

Những điều cần nhớ

- Chương 8 đi từ điểm ảnh đã là ba con số đến hình trên màn hình của người xem
- Phần A trả lời: cảnh quay thành con số bằng cách nào, cần bao nhiêu con số
- Lấy mẫu, răng cưa, lượng tử hoá, SNR dùng nguyên vẹn lý thuyết của Chương 3
- Điểm khác duy nhất: lấy mẫu trên hai chiều không gian; màu có cách xử lý riêng

Ảnh là một hàm nhiều biến

- Cảnh quay là một hàm của vị trí, thời gian và bước sóng
- Máy quay biến hàm liên tục thành mảng số hữu hạn bằng ba phép rời rạc hoá cùng lúc
- Mọi dòng thông số của tệp video là hệ quả của ba phép này

Viết cảnh quay thành một hàm

Hàm cho độ chói tại mỗi vị trí, mỗi thời điểm và mỗi bước sóng. Công thức (8.1)

$$L = f(x, y, t, \lambda)$$

- x, y: vị trí trên mặt phẳng ảnh
- t: thời gian
- λ: bước sóng, tức là màu
- Phần còn lại của chương chỉ ra phép xử lý áp dụng cho từng biến

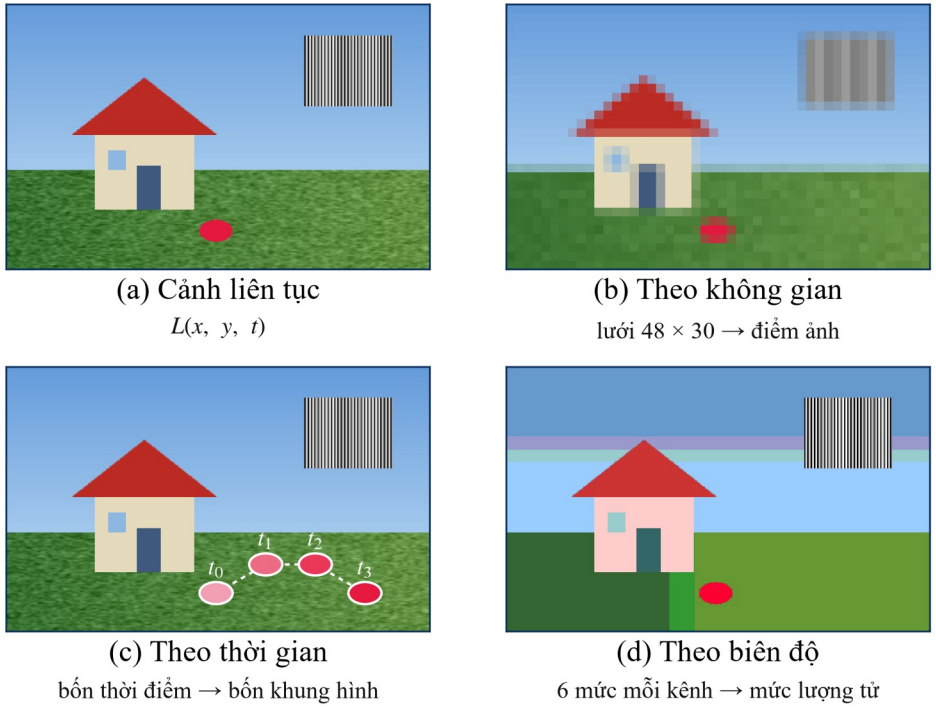
Ba phép rời rạc hoá

Q là phép lượng tử hoá; ba chỉ số i, j, k ứng với ba trục rời rạc. Công thức (8.2)

$$L_{\mathrm{d}}[i,\ j,\ k] = Q\{\ L(i\,\Delta x,\ \ j\,\Delta y,\ \ k\,\Delta t)\ \}$$

- **Không gian:** chia mặt phẳng ảnh thành lưới, mỗi ô một giá trị: điểm ảnh; số điểm ảnh là độ phân giải
- **Thời gian:** chia thành các khoảng đều, mỗi khoảng một ảnh: khung hình; số khung mỗi giây là tần số hình
- **Biên độ:** làm tròn về mức gần nhất trong thang hữu hạn: mức lượng tử; số mức do độ sâu bit quyết định

Ba phép rời rạc hoá trên cùng một cảnh



Hình 8.2 — Ba phép rời rạc hoá của việc số hoá hình ảnh, minh hoạ trên cùng một cảnh

- Biến bước sóng được xử lý khác hẳn: ba mẫu ứng với ba loại tế bào nón của mắt

Đọc thông số tệp không còn là học thuộc

GHI NHỚ

"1920 × 1080, 25 hình/giây, 10 bit, 4:2:2" là kết quả của ba phép rời rạc hoá cộng với cách xử lý màu.

- 1920 × 1080: rời rạc hoá không gian
- 25 hình/giây: rời rạc hoá thời gian
- 10 bit: rời rạc hoá biên độ
- 4:2:2: cách xử lý màu (Phần B)

Những điều cần nhớ

- Cảnh quay là hàm $L = f(x, y, t, \lambda)$
- Ba phép rời rạc hoá: không gian, thời gian, biên độ; công thức (8.2)
- Độ phân giải, tần số hình, độ sâu bit là ba kết quả tương ứng
- Màu: ba mẫu của phổ, đã trình bày ở Chương 7

Lấy mẫu không gian và độ phân giải

- Điểm ảnh là một giá trị đo tại một vị trí, không phải ô vuông có màu
- Định lý lấy mẫu áp dụng cho cả hai chiều; vi phạm sinh ra răng cưa và vân moiré
- Sáu họ định dạng ảnh; tỉ lệ điểm ảnh của SD

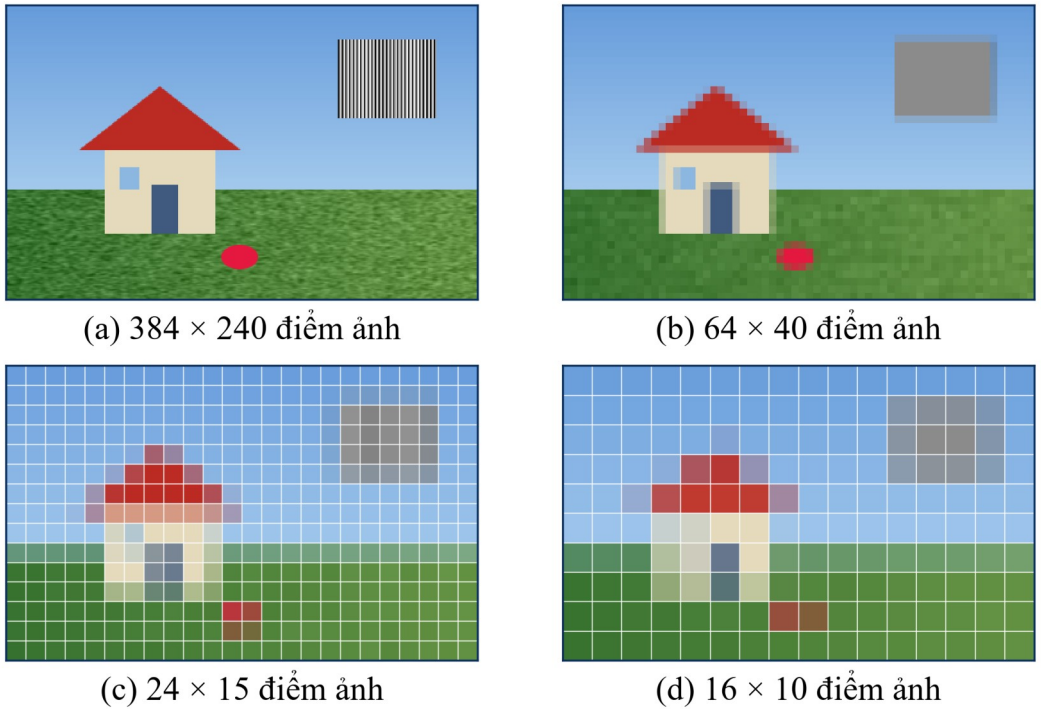
Điểm ảnh và số mẫu

W, H là số điểm ảnh theo chiều ngang và dọc; f_fr là tần số hình. Công thức (8.3)

$$N_{\text{px}} = W \times H \; ; \quad f_s = W \times H \times f_{\text{fr}}$$

- Điểm ảnh là mẫu nhỏ nhất: giá trị đo tại một vị trí; ô vuông chỉ là cách màn hình trình bày
- Full HD, 25 hình/giây: 1920 × 1080 × 25 ≈ 51,8 triệu mẫu mỗi giây cho riêng độ chói
- Gấp hơn một nghìn lần tốc độ lấy mẫu của âm thanh chất lượng cao: nén là bắt buộc

Giảm mật độ lấy mẫu, chi tiết mất không đều



Hình 8.3 — Cùng một cảnh, lấy mẫu với mật độ giảm dần

- Vùng trời phẳng gần như không đổi; hoa văn và cạnh xiên suy giảm trước: tần số không gian cao suy giảm trước

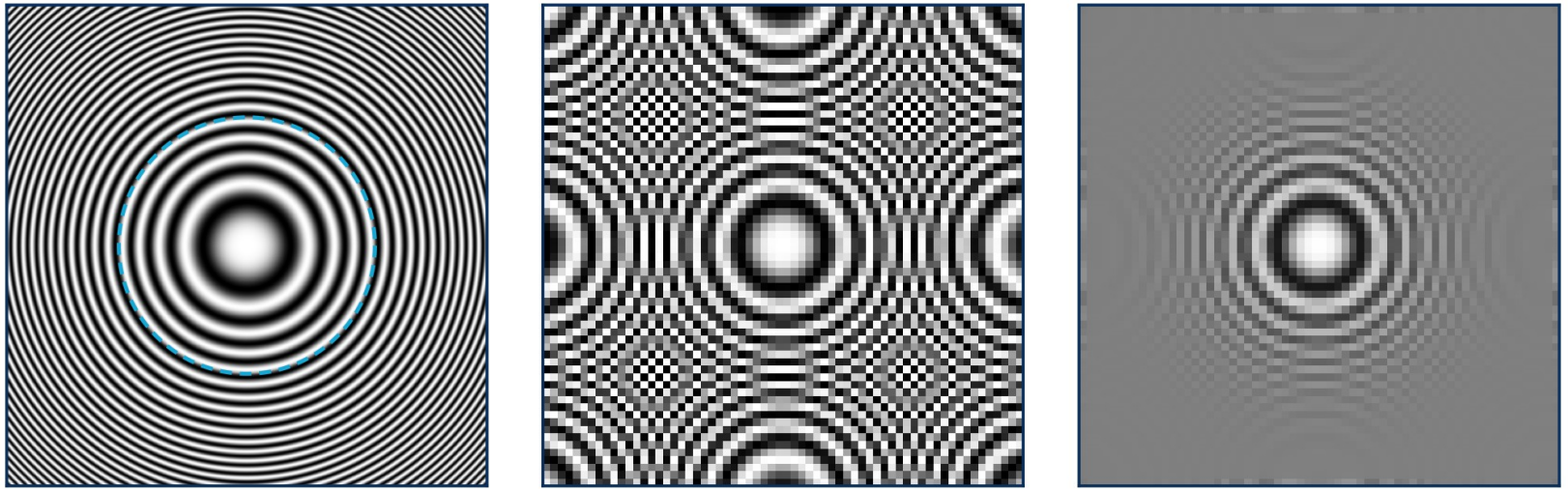
Tần số không gian và định lý lấy mẫu

Định lý lấy mẫu áp dụng nguyên vẹn, nhưng phải thoả mãn trên cả hai chiều. Công thức (8.4)

$$f_{s,x} \geq 2f_{\max,x} \; ; \quad f_{s,y} \geq 2f_{\max,y}$$

- Tần số không gian: độ dày của hoa văn, đo bằng chu kỳ trên đơn vị chiều dài hoặc trên một điểm ảnh
- Tường trơn: tần số gần bằng không; vải kẻ sọc mảnh: tần số rất cao
- Vi phạm điều kiện: chi tiết không biến mất mà gấp ngược thành hoa văn giả tần số thấp

Răng cưa và vân moiré



Hình 8.4 — Hiện tượng răng cưa và vân moiré, và tác dụng của bộ lọc thông thấp

- Răng cưa trên cạnh; moiré trên mảng hoa văn tuần hoàn; lọc thông thấp trước khi lấy mẫu làm hết hiện tượng

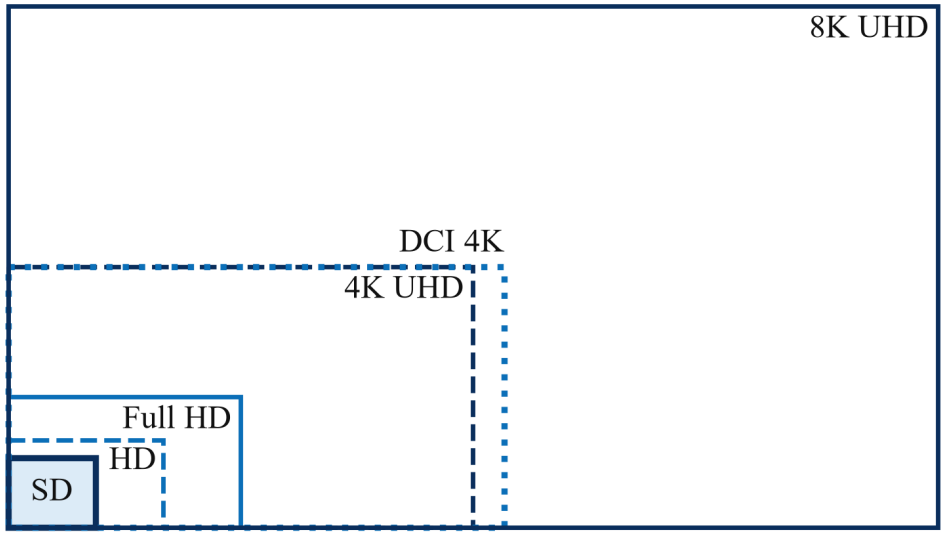
Bộ lọc quang thông thấp: một đánh đổi có thật

GHI NHỚ

Lọc quang thông thấp bỏ được vân moiré nhưng làm ảnh kém sắc nét.

- Tấm lọc thường là tinh thể lưỡng chiết, đặt ngay trước cảm biến, làm nhoè ảnh ở mức cần thiết
- Từ khoảng năm 2012, nhiều máy cao cấp bỏ bộ lọc để đạt độ nét tối đa, chấp nhận rủi ro moiré
- Dễ gặp moiré: áo kẻ sọc mảnh, rèm cửa, mái ngói ở xa, màn hình máy tính
- Tại hiện trường: đổi góc máy, đổi khoảng cách, mở khẩu lớn hơn để nền nhoè bớt

Sáu họ định dạng ảnh



Định dạng	Số mẫu	Số điểm ảnh (Mpx)	Gấp SD
8K UHD	7680 × 4320	33,18	80,0 ×
DCI 4K	4096 × 2160	8,85	21,3 ×
4K UHD	3840 × 2160	8,29	20,0 ×
Full HD	1920 × 1080	2,07	5,0 ×
HD	1280 × 720	0,92	2,2 ×
SD PAL	720 × 576	0,41	1,0 ×

Hình 8.5 — Sáu họ định dạng ảnh, vẽ đúng tỉ lệ, kèm số điểm ảnh và tỉ số so với SD

Các định dạng ảnh thường gặp

Tên gọi	Số mẫu	Khuôn hình	Số điểm ảnh	Ghi chú
SD PAL	720 × 576	4:3 hoặc 16:9	0,41 Mpx	Điểm ảnh không vuông; di sản PAL 625 dòng
HD	1280 × 720	16:9	0,92 Mpx	Chỉ quét liên tục; hay dùng cho thể thao
Full HD	1920 × 1080	16:9	2,07 Mpx	Phổ biến nhất ở Việt Nam hiện nay
4K UHD	3840 × 2160	16:9	8,29 Mpx	Gấp đôi Full HD mỗi chiều, gấp bốn số điểm ảnh
DCI 4K	4096 × 2160	256:135	8,85 Mpx	Chuẩn điện ảnh số
8K UHD	7680 × 4320	16:9	33,18 Mpx	Gấp mười sáu lần Full HD

Tỉ lệ điểm ảnh

DAR là khuôn hình hiển thị, PAR là tỉ lệ điểm ảnh, W/H là tỉ số số mẫu. Công thức (8.5)

$$\mathrm{DAR} = \mathrm{PAR} \times \frac{W}{H}$$

- SD PAL 720 × 576 có W/H = 1,25 nhưng hiển thị đúng khuôn hình 4:3 (1,33)
- Nguyên nhân: điểm ảnh SD không vuông, mỗi mẫu được kéo rộng theo chiều ngang
- PAR của SD PAL 4:3 ≈ 1,067; của SD PAL 16:9 ≈ 1,422

Vì sao 720 × 576 hiển thị đúng 4:3



DAR = PAR × (số mẫu ngang ÷ số mẫu dọc)

SD PAL 4:3: $1{,}067 \times (720 \div 576) \approx 1{,}33 = 4{:}3$

Full HD: $1{,}000 \times (1920 \div 1080) \approx 1{,}78 = 16{:}9$

Hình 8.6 — Vì sao 720 × 576 mẫu lại hiển thị đúng khuôn hình 4:3

Tỉ lệ điểm ảnh của một số định dạng

Định dạng	Số mẫu	Tỉ lệ điểm ảnh	Khuôn hiển thị
SD PAL 4:3	720 × 576	≈ 1,067	4:3 (1,33)
SD PAL 16:9	720 × 576	≈ 1,422	16:9 (1,78)
HD, Full HD, UHD	1280 × 720 và lớn hơn	1,000 (vuông)	16:9 (1,78)
DCI 4K	4096 × 2160	1,000 (vuông)	1,90

Lỗi thường gặp: khai báo sai tỉ lệ điểm ảnh

CẢNH BÁO

Mở tệp SD bằng phần mềm không nhận biết PAR, hình người co hẹp hoặc giãn rộng theo chiều ngang.

- Đây là lỗi khai báo, không phải lỗi của tệp
- HD và UHD dùng điểm ảnh vuông nên không gặp tình huống này
- Tư liệu SD cũ trong kho của các đài thì có; người làm phóng sự tư liệu sẽ thường xuyên gặp

Những điều cần nhớ

- Điểm ảnh là một mẫu đo, N = W × H; Full HD 25 hình/giây ≈ 51,8 triệu mẫu/giây
- Lấy mẫu phải thoả mãn Nyquist trên cả hai chiều; vi phạm sinh răng cưa và moiré
- Bộ lọc quang thông thấp đổi nét lấy chống moiré
- Sáu họ định dạng; SD không vuông: DAR = PAR × W/H

Bao nhiêu điểm ảnh là đủ

- Số dòng quét cần thiết do góc phân giải của mắt quyết định
- Từ góc một phút cung suy ra khoảng cách xem theo độ phân giải
- Độ phân giải dư là dự trữ cho hậu kỳ, không phải cho mắt người xem

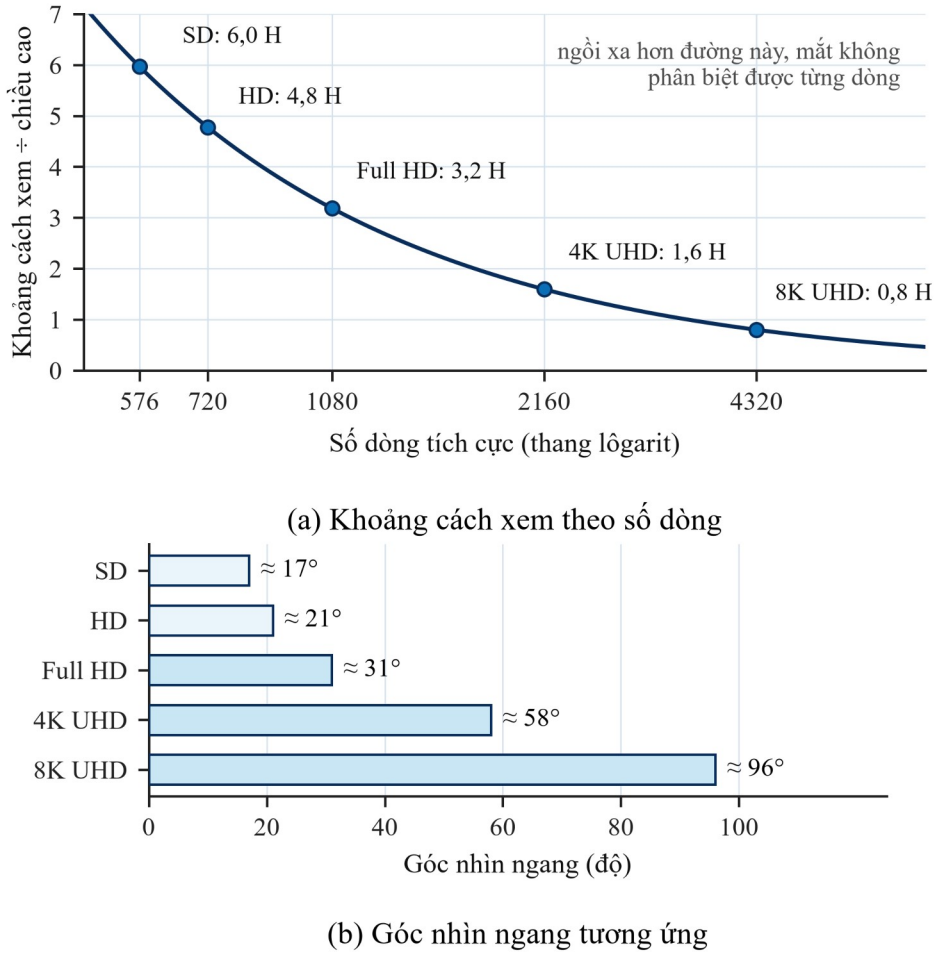
Từ góc phân giải của mắt tới số dòng quét

Khoảng cách tại đó mắt vừa đủ phân biệt từng dòng của màn hình. Công thức (8.6)

$$\frac{d}{H} = \frac{1}{N_{\text{row}} \cdot \theta}, \quad \theta = 1' = 2{,}909 \times 10^{-4}\ \text{rad}$$

- Mắt phân biệt được hai điểm cách nhau khoảng một phút cung, tức 1/60 độ (dữ kiện của Chương 7)
- d là khoảng cách xem, H là chiều cao màn hình, N_row là số dòng tích cực
- Các con số quen thuộc về số dòng vốn được tính cho truyền hình độ nét tiêu chuẩn và nay đã lạc hậu

Khoảng cách ngồi xem theo độ phân giải



Hình 8.7 — Khoảng cách ngồi xem theo độ phân giải, và góc nhìn tương ứng

Khoảng cách xem và góc nhìn theo độ phân giải

Định dạng	Số dòng	Khoảng cách ÷ chiều cao	Góc nhìn ngang	Khuyến nghị
SD	576	6,0 lần	≈ 17°	Khuyến nghị cũ cho SD
HD	720	4,8 lần	≈ 21°	
Full HD	1080	3,2 lần	≈ 31°	SMPTE, phòng xem tại nhà
4K UHD	2160	1,6 lần	≈ 58°	ITU-R BT.2100 cho UHDTV
8K UHD	4320	0,8 lần	≈ 96°	Chỉ ở rạp hoặc LED sân khấu

Góc nhìn ngang

Góc nhìn ngang ứng với khoảng cách xem đã tính. Công thức (8.7)

$$\alpha = 2 \arctan\left(\frac{W_{\text{scr}}}{2d}\right)$$

- W_scr là bề rộng màn hình, d là khoảng cách xem
- Tivi 4K đặt cách ba lần chiều cao màn hình: phần lớn độ phân giải bị lãng phí vì mắt không phân biệt được
- 8K chỉ có ý nghĩa ở màn hình đủ lớn hoặc người xem đủ gần: rạp, LED sân khấu, kính thực tế ảo

Điều nên giải thích cho khách hàng

QUY TẮC

Độ phân giải dư là phần dự trữ cho hậu kỳ, không phải cho mắt người xem.

- Quay 4K rồi phát hành Full HD cho phép cắt cúp lại khung hình
- Cho phép ổn định hình rung
- Giữ được độ nét sau khi thu nhỏ

Những điều cần nhớ

- Số dòng cần thiết do góc phân giải một phút cung của mắt quyết định
- $d/H = 1/(N_{row} \cdot \theta)$: Full HD 3,2 lần; 4K 1,6 lần; 8K 0,8 lần chiều cao màn hình
- Góc nhìn $\alpha = 2 \arctan(W_{scr} / 2d)$
- Quay độ phân giải dư là để dự trữ hậu kỳ

Lượng tử hoá và độ sâu bit

- Bước cuối: làm tròn mỗi mẫu về một mức trong thang hữu hạn
- Sai số lượng tử ở hình ảnh hiện ra thành đường viền giả (dải màu); dither là cách xử lý
- Dải hẹp 16 – 235 và dải rộng 0 – 255: nguồn của lỗi phổ biến nhất trong phòng dựng

Số mức và bước lượng tử

Công thức (8.8)

$$L = 2^n \; ; \quad \Delta = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{2^n - 1}$$

- n là độ sâu bit; L là số mức mỗi thành phần
- Δ là bước lượng tử: khoảng giữa hai mức kề nhau
- Mẫu vốn là số thực; làm tròn về mức gần nhất là bước cuối của số hoá

Độ sâu bit và số mức

Độ sâu bit	Số mức mỗi thành phần	Số màu tổ hợp	Dùng ở đâu
8 bit	256	khoảng 16,7 triệu	Phát sóng SD và HD, tệp phát hành thông thường
10 bit	1 024	khoảng 1,07 tỉ	Sản xuất chuyên nghiệp, ảnh log, HDR, giao nộp của đài
12 bit	4 096	khoảng 68,7 tỉ	RAW của máy quay điện ảnh, bản gốc lưu trữ
16 bit	65 536	rất lớn	Bản trung gian trong chỉnh màu, không dùng giao nộp

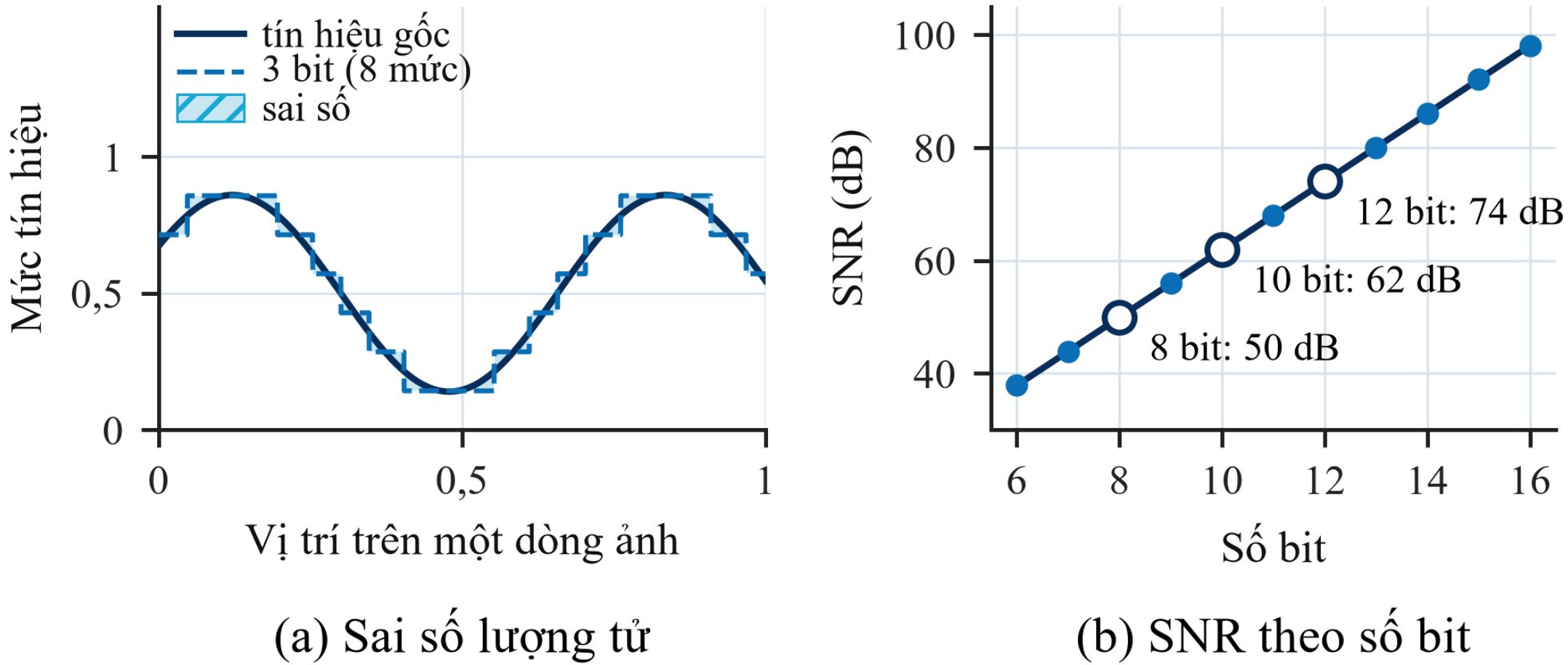
Nhiễu lượng tử

Công thức (8.9)

$$\mathrm{SNR}_q \approx 6{,}02\,n + 1{,}76 \quad (\mathrm{dB})$$

- Sai số do làm tròn gọi là nhiễu lượng tử
- Quan hệ giữa nhiễu và số bit đúng như đã trình bày ở Chương 3
- Mỗi bit thêm vào cải thiện khoảng 6 dB

Sai số lượng tử trên một dòng ảnh



Hình 8.8 — Sai số lượng tử trên một dòng ảnh, và quan hệ giữa số bit với tỉ số tín hiệu trên nhiễu

Sai số lượng tử: âm thanh và hình ảnh

Âm thanh

- Sai số được nghe như nhiễu nền
- Khó chịu nhưng dễ bỏ qua

Hình ảnh

- Sai số hiện thành đường viền giả chạy ngang vùng chuyển sắc êm
- Gặp ở bầu trời, phông vải, vệt sáng đèn
- Mắt rất nhạy với biên: bước nhảy một mức trên 256 mức vẫn bị nhận ra

Dải màu và dither



(a) 8 bit: 256 mức, chuyển sắc liền mạch



(b) 5 bit: 32 mức, thấy rõ đường viền giả



(c) 5 bit cộng dither: cùng 32 mức, viền tan thành nhiễu mịn

Hình 8.9 — Hiện tượng dải màu và tác dụng của dither

- Dither thêm nhiễu ngẫu nhiên rất nhỏ trước khi làm tròn; không bổ sung thông tin, chỉ biến lỗi có cấu trúc thành nhiễu ngẫu nhiên

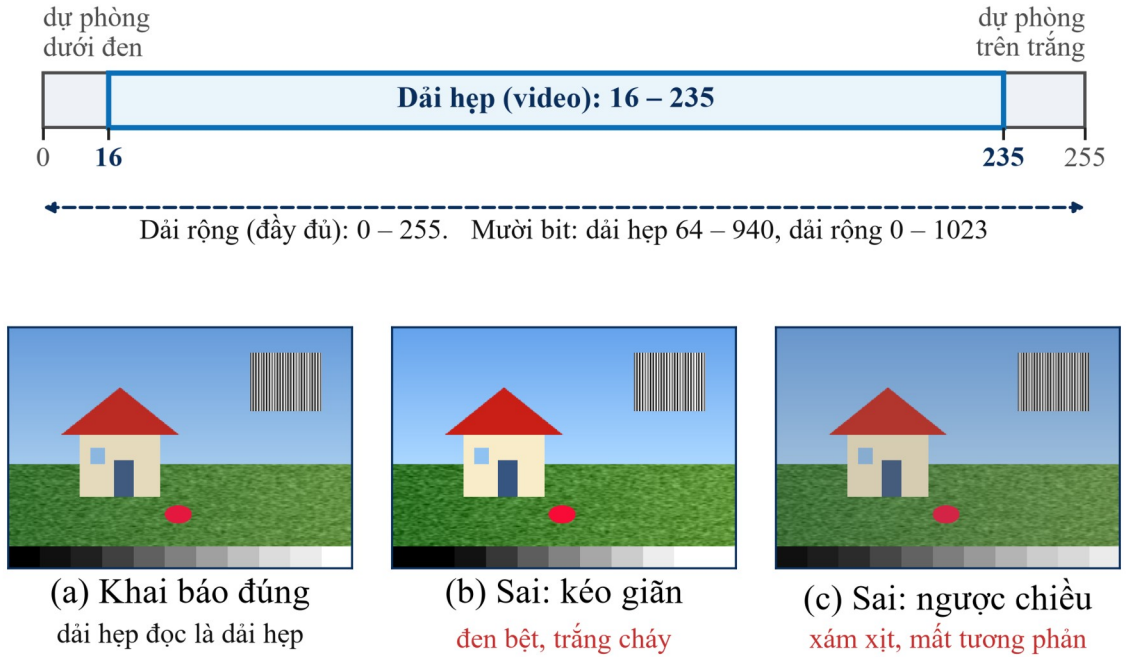
Vì sao mười bit là mức tối thiểu cho ảnh log

GHI NHỚ

Máy quay có chế độ log đều ghi từ 10 bit trở lên.

- Đường log dồn nhiều stop vào cùng khoảng mã: mỗi mức mã biểu diễn khoảng độ chói lớn hơn gamma thường
- 8 bit: sau khi đưa về không gian hiển thị, bước nhảy đủ lớn để mắt thấy; dải màu hiện ở bầu trời
- 10 bit: số mức gấp bốn, bước nhảy nhỏ đi bốn lần, hiện tượng biến mất

Dải hẹp và dải rộng



Hình 8.10 — Dải hẹp và dải rộng, và hậu quả khi gán sai

- Dải hẹp (video, studio): đen ở 16, trắng ở 235; dải rộng dùng trọn 0 – 255

Phạm vi mức theo độ sâu bit

Độ sâu bit	Thành phần	Dải hẹp	Dải rộng
8 bit	Độ chói Y’	16 – 235	0 – 255
8 bit	Màu Cb, Cr	16 – 240 (tâm ở 128)	0 – 255
10 bit	Độ chói Y’	64 – 940	0 – 1023
10 bit	Màu Cb, Cr	64 – 960 (tâm ở 512)	0 – 1023

- Hai lý do chừa khoảng trống: dự phòng cho giá trị vượt nhất thời của bộ lọc; mang tín hiệu đồng bộ và dữ liệu phụ trong hệ tương tự

Đổi từ dải hẹp sang dải rộng

Công thức (8.10)

$$D_{\text{full}} = (D_{\text{narrow}} - 16) \times \frac{255}{219}$$

- Áp dụng cho tám bit: mức 16 thành 0, mức 235 thành 255
- 219 = 235 − 16 là bề rộng dải hẹp của độ chói
- Chỉ đúng khi nguồn thật sự là dải hẹp và đích thật sự là dải rộng

Lỗi số một trong phòng dựng

CẢNH BÁO

Gán sai phạm vi mức: không phải hỏng tệp, sửa được bằng một khai báo.

- Đọc dải hẹp như dải rộng: 16 thành 0, 235 thành 255; vùng tối bẹt đen, vùng sáng cháy trắng
- Sai chiều ngược lại: hình xám nhạt, đen không đạt mức đen, trắng không đạt mức trắng
- Khó ở chỗ nhận diện: phải đọc waveform thay vì chỉ nhận xét hình có vẻ không đúng

Những điều cần nhớ

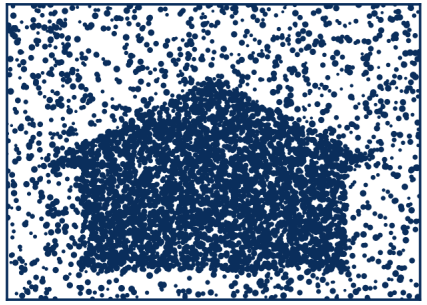
- $L = 2^n$; mười bit có 1 024 mức, gấp bốn tám bit
- SNR ≈ 6,02n + 1,76 dB, như Chương 3
- Sai số lượng tử ở hình ảnh là dải màu; dither biến nó thành nhiễu mịn
- Ảnh log cần từ 10 bit; dải hẹp 16 – 235 và dải rộng 0 – 255 là nguồn lỗi hay gặp

Ảnh trên phim nhựa — một đối chiếu

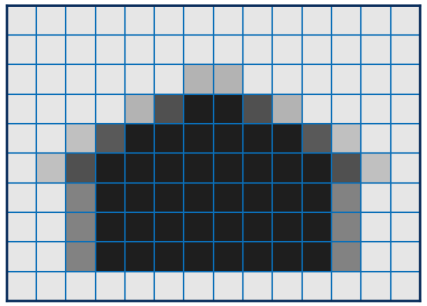
- Phim nhựa là đối chiếu giúp hiểu ảnh số rõ hơn, không phải nội dung độc lập
- Hạt bạc phân bố ngẫu nhiên, điểm ảnh xếp theo lưới đều
- Đường đặc tính hình chữ S so với tuyến tính rồi cắt đột ngột

Hạt bạc và điểm ảnh

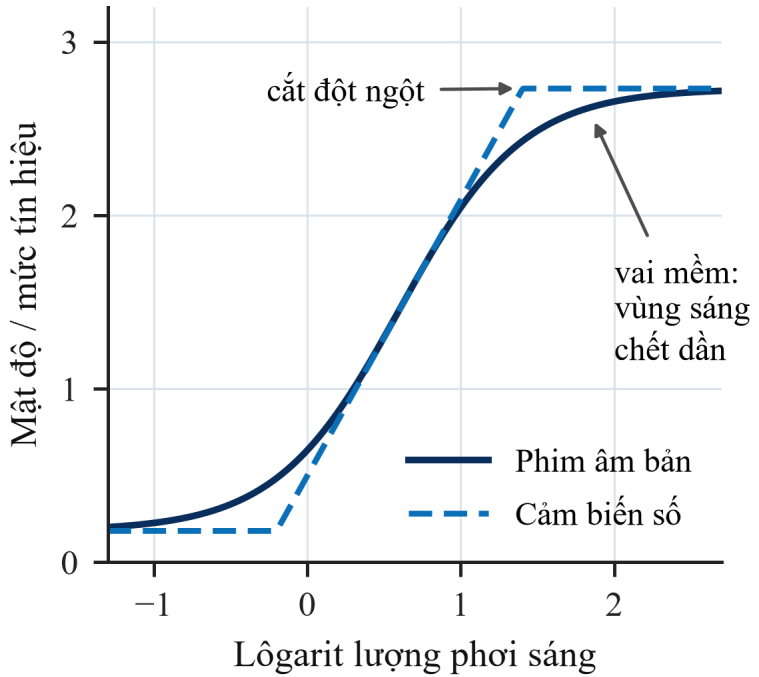
- Nhũ tương chứa tinh thể bạc halogenua; photon kích hoạt tinh thể
- Khi tráng, phản ứng khử biến ion bạc thành bạc kim loại màu đen: $Ag^{+} + e^{-} \rightarrow Ag$
- Vùng nhận nhiều sáng có mật độ đen lớn: nguyên lý phim âm bản



(a) Phim: hạt ngẫu nhiên



(b) Cảm biến: lưới đều



(c) Đường đặc tính

Hình 8.11 — Hạt phim so với điểm ảnh, và đường đặc tính của hai loại vật mang

Phim nhựa và cảm biến số: bốn khác biệt cốt lõi

Vấn đề	Phim nhựa	Cảm biến số
Sắp xếp mẫu	Hạt bạc ngẫu nhiên, kích thước không đều	Điểm ảnh xếp lưới đều, cố định vị trí
Hệ quả với nhiễu	Nhiễu hạt ngẫu nhiên, tự nhiên; không có moiré vì không có lưới	Nhiễu theo lưới, dễ lộ; có thể sinh moiré
Đường đặc tính	Chữ S; vai uốn mềm ở vùng sáng, giữ chi tiết	Tuyến tính rồi cắt đột ngột ở điểm bão hoà
Cách khắc phục	Không cần: đặc tính vốn mềm	Đường log và HDR (Chương 7) mô phỏng lại vai mềm

Vì sao vẫn cần hiểu phim

- **Kho tư liệu:** đài truyền hình và Viện Phim Việt Nam còn nhiều phim nhựa; số hoá đúng cần hiểu đường đặc tính của bản gốc
- **Ngôn ngữ nghề:** phơi sáng, dải động, "chất phim", "giữ được vai sáng" đều bắt nguồn từ phim
- **Đường log và bảng chuyển đổi màu:** phần lớn thiết kế để mô phỏng đặc tính của phim
- Phim 35 mm quét ở 4K thường được coi là đủ; chất lượng nằm ở hình dạng đường đặc tính, không ở số điểm ảnh

Những điều cần nhớ

- Phim: hạt ngẫu nhiên, đường đặc tính chữ S, vai sáng mềm
- Cảm biến số: lưới đều, tuyến tính rồi cắt đột ngột
- Log và HDR sinh ra để mô phỏng vai mềm của phim
- Hiểu phim cần cho số hoá kho tư liệu và cho ngôn ngữ nghề nghiệp

Bài thực hành số 1 — lấy mẫu, độ phân giải và độ sâu bit

- Đo độ phân giải thực của máy quay
- Tạo và nhận biết vân moiré; quan sát dải màu
- Phân biệt hậu quả của việc gán sai phạm vi mức

Mục tiêu và thiết bị

- **Mục tiêu:** đo độ phân giải thực; tạo và nhận biết vân moiré; quan sát dải màu; phân biệt hậu quả gán sai phạm vi mức
- Máy quay cho phép chỉnh tay và thay đổi độ phân giải ghi
- Bảng đo độ phân giải (biểu đồ hình nêm) in trên giấy hoặc hiển thị trên màn hình
- Vật có hoa văn mảnh: áo kẻ sọc, rèm cửa hoặc màn hình máy tính quan sát từ xa
- Phần mềm dựng có waveform và histogram; bản miễn phí của DaVinci Resolve là đủ

Phần 1 — Đo độ phân giải thật

- Quay bảng đo sao cho bảng chiếm trọn chiều cao khung hình
- Phóng to hình trên máy tính, tìm chỗ các vạch của biểu đồ hình nêm bắt đầu nhập vào nhau
- Đọc con số tại chỗ đó và so với độ phân giải ghi trên nhãn máy
- Kết quả cần rút ra: độ phân giải thật gần như luôn thấp hơn nhãn; giải thích bằng ống kính, bộ lọc quang thông thấp và khử ghép màu của ma trận Bayer

Phần 2 — Tạo và khử vân moiré

- Quay vật có hoa văn mảnh, lùi xa dần cho tới khi thấy vân màu lạ; ghi lại khoảng cách
- Thử ba cách xử lý: đổi góc máy, đổi khoảng cách, mở khẩu lớn hơn
- Kết quả cần rút ra: moiré xuất hiện khi tần số không gian của vật vượt giới hạn của lưới điểm ảnh
- Ba cách xử lý đều nhằm hạ tần số ấy xuống, không phải sửa ở khâu hậu kỳ

Phần 3 — Nhìn thấy dải màu

- Dựng một dải chuyển sắc êm (bầu trời hoặc phông vải trơn)
- Xuất hai bản: 8 bit và 10 bit; mở cả hai, đẩy mạnh tương phản, so sánh
- Kết quả cần rút ra: đường viền giả xuất hiện ở bản 8 bit, biến mất ở bản 10 bit
- Thử thêm dither cho bản 8 bit và quan sát viền tan thành nhiễu mịn

Phần 4 — Gán sai phạm vi mức

- Lấy một cảnh quay bất kỳ; trong phần mềm dựng đổi khai báo phạm vi mức từ dải hẹp sang dải rộng và ngược lại
- Quan sát waveform trong từng trường hợp
- Kết quả cần rút ra: hai kiểu hỏng, bẹt đen và cháy trắng ở một chiều, xám xịt mất tương phản ở chiều kia
- Quan trọng hơn: học cách đọc waveform để phát hiện lỗi, không đoán bằng mắt

Sản phẩm nộp

- Con số độ phân giải thật đo được, so sánh với nhãn máy
- Ảnh chụp màn hình cho thấy vân moiré trước và sau khi xử lý
- Hai ảnh so sánh dải màu ở 8 bit và 10 bit
- Bốn ảnh chụp waveform ứng với bốn cách khai báo phạm vi mức, mỗi ảnh kèm một câu giải thích bằng ngôn ngữ kỹ thuật của chương

Những điều cần nhớ

- Độ phân giải thật thấp hơn nhãn máy; có nguyên nhân kỹ thuật rõ ràng
- Moiré hạ được bằng góc máy, khoảng cách, khẩu độ
- Dải màu có ở 8 bit và hết ở 10 bit; dither làm tan viền
- Gán sai phạm vi mức nhận ra bằng waveform

Kết thúc Phần A

- Cảnh quay là hàm L = f(x, y, t, λ); số hoá là ba phép rời rạc hoá: không gian, thời gian, biên độ
- Lấy mẫu không gian theo Nyquist trên hai chiều; răng cưa, moiré, bộ lọc quang thông thấp; DAR = PAR × W/H
- Khoảng cách xem do góc một phút cung quyết định: Full HD 3,2H, 4K 1,6H
- Lượng tử hoá: $L = 2^n$, SNR ≈ 6,02n + 1,76 dB; dải màu, dither; dải hẹp 16 – 235 và dải rộng 0 – 255
- Phần B: các con số ấy được sắp xếp thế nào: Y’CbCr, lấy mẫu con màu, quét xen kẽ, tần số hình, thời mã