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

KỸ THUẬT AUDIO – VIDEO

CHƯƠNG 12 · PHẦN B

AI ở từng khâu
của dây chuyền

Mục 12.8 – 12.14 · Dành cho sinh viên Quay phim, Đạo diễn điện ảnh – truyền hình, Dựng phim, Đạo diễn âm thanh

Hà Nội – 2026

NHẮC LẠI PHẦN A

Ba thứ mang sang từ buổi trước

Cả Phần B chỉ là việc áp ba thứ này vào từng khâu của dây chuyền.

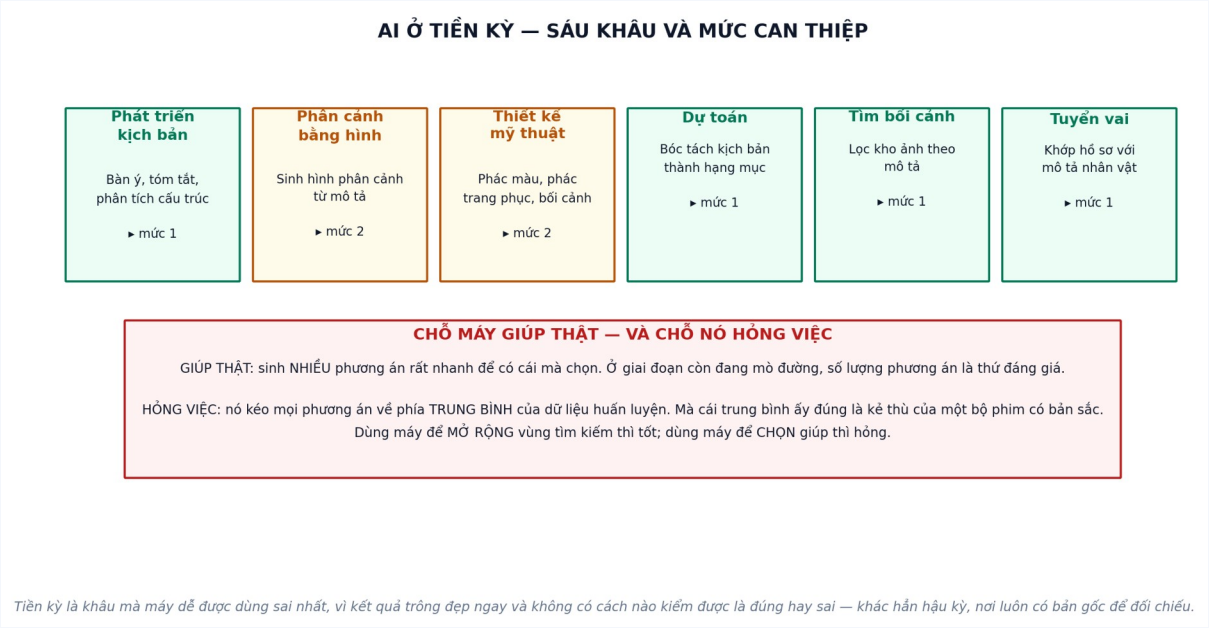
- **Trục 1 — ba loại tác vụ:** nhận dạng (ra một nhãn) · biến đổi (ra tín hiệu cùng loại) · tạo sinh (ra thứ không có trong đầu vào).

- **Trục 2 — ba mức can thiệp:** trợ giúp · thay một khâu · tạo sinh.
- **η — tỉ lệ kết quả dùng được,** và t_eff = (t_gen + t_rev) / η.
- Hôm nay thêm một thứ nữa: quy tiền ra và tính **điểm hoà vốn**.

MỤC 12.8

Tiền kỳ

- Chỗ máy xen vào sớm nhất và sâu nhất
- Vì đây là khâu nhiều PHƯƠNG ÁN nhất, ít rủi ro nhất
- Chỗ máy giúp thật: số lượng phương án, không phải chất lượng
- Chỗ máy hỏng việc: bẫy trung bình



Tiền kỳ là khâu mà máy dễ được dùng sai nhất, vì kết quả trông đẹp ngay và không có cách nào kiểm được là đúng hay sai — khác hẳn hậu kỳ, nơi luôn có bản gốc để đối chiếu.

Máy không thay hoạ sĩ phân cảnh

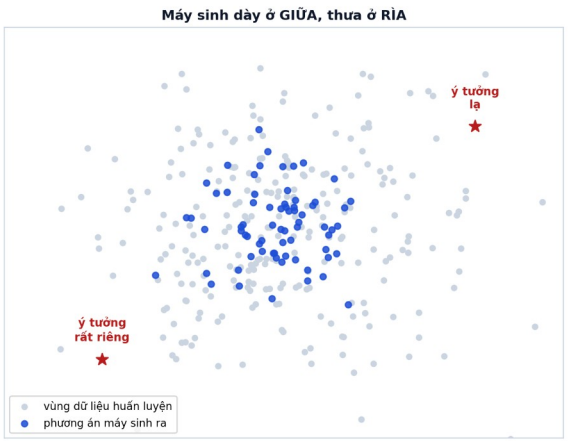
nó thay giai đoạn MÒ MẪM trước khi hoạ sĩ bắt đầu vẽ

MỤC 12.8.3

Bẫy trung bình

Mô hình học từ rất nhiều tác phẩm đã có. Cái nó học được là XU HƯỚNG CHUNG của khối tư liệu ấy.

- Nên nó có khuynh hướng trả ra thứ nằm **gần tâm của phân bố**: bố cục quen, ánh sáng quen, màu quen.
- Một bộ phim có bản sắc là bộ phim **ĐI CHỆCH** khỏi trung bình ở những chỗ có chủ ý.
- **Nguy hiểm vì nó âm thầm:** từng khuôn hình đều "ổn", không ai thấy sai — cho tới khi xem cả phim và thấy nó giống mọi phim khác.



VÌ SAO ĐIỀU NÀY XẢY RA

Mô hình trả về thứ có XÁC SUẤT CAO theo dữ liệu nó đã học. Thứ có xác suất cao nhất chính là thứ ĐÃ THẤY NHIỀU LẦN.

Nên hai mươi phương án máy sinh ra thường GIỐNG NHAU hơn là hai phương án của hai người khác nhau nghĩ ra.

CÁCH DÙNG ĐÚNG

MỞ RỘNG vùng tìm kiếm: dùng máy để có nhiều điểm khởi đầu, rồi NGƯỜI đẩy chúng ra khỏi vùng trung bình.

KHÔNG dùng máy để chọn phương án cuối. Chọn là việc của người, vì chỉ người mới biết bộ phim này cần khác đi ở chỗ nào.

Một câu kiểm tra: "phương án này có thể là của bất kỳ bộ phim nào không?" Nếu có thì nó chính là cái trung bình.

Đây là giới hạn của nguyên lý, không phải của một sản phẩm cụ thể. Mô hình nào học từ dữ liệu thì cũng có xu hướng này, và nó không mất đi khi mô hình mạnh lên.

CÁCH PHÒNG BẪY TRUNG BÌNH

Tách bạch hai giai đoạn

Giai đoạn MÒ MẪM — dùng máy thoải mái. Sinh nhiều phương án để có cái mà chọn.

Giai đoạn QUYẾT ĐỊNH HÌNH THỨC của phim — KHÔNG dùng máy. Đây là chỗ bản sắc được định đoạt.

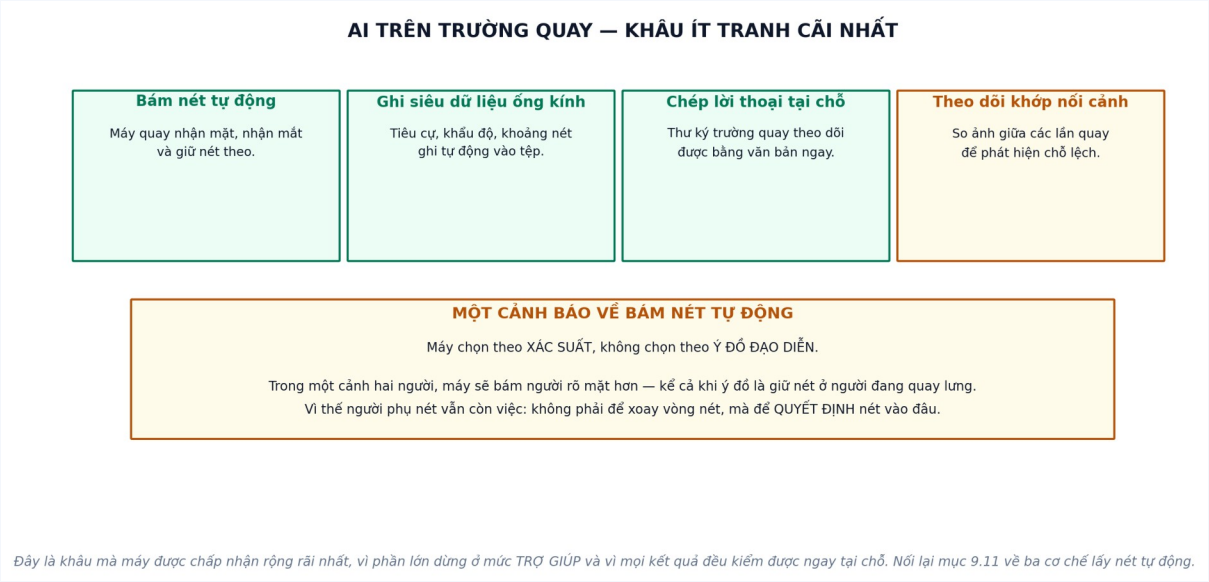
Hai giai đoạn ấy phải tách bạch, và **người quyết định phải biết mình đang ở giai đoạn nào**.

Trộn hai giai đoạn là cách nhanh nhất để một dự án có bản sắc trở thành một dự án trung bình.

MỤC 12.9

Trường quay

- Khâu ÍT GÂY TRANH CÃI nhất trong cả dây chuyền
- Gần như toàn bộ ứng dụng ở MỨC TRỢ GIÚP
- Máy đề xuất, ghi chép, cảnh báo — người vẫn bấm nút
- Một cảnh báo đáng nhớ: bám nét tự động



Đây là khâu mà máy được chấp nhận rộng rãi nhất, vì phần lớn dừng ở mức TRỢ GIÚP và vì mọi kết quả đều kiểm được ngay tại chỗ. Nối lại mục 9.11 về ba cơ chế lấy nét tự động.

MỤC 12.9

Bốn ứng dụng ở trường quay

Ứng dụng	Máy làm gì	Điều được và điều phải cảnh giác
Bám nét tự động theo mặt	Nhận khuôn mặt và giữ nét vào đó	ĐƯỢC: cứu nhiều cảnh khó ở khẩu độ mở lớn. CẢNH GIÁC: máy chọn theo XÁC SUẤT — bám mặt RÕ nhất, không bám mặt QUAN TRỌNG nhất
Ghi siêu dữ liệu ống kính	Ghi tiêu cự, khẩu độ, khoảng nét, méo hình từng khung	ĐƯỢC: hậu kỳ ghép hình khớp ngay, đỡ nhiều ngày dò lại. Đây là ứng dụng lợi nhất và ít rủi ro nhất ở khâu này
Chép lời thoại tại chỗ	Chuyển tiếng thu thành chữ, gắn mốc thời gian	ĐƯỢC: phòng dựng tìm câu thoại bằng cách gõ chữ. CẢNH GIÁC: bản chép để TÌM KIẾM, không phải để làm phụ đề
Theo dõi khớp nối cảnh	So khuôn hình hiện tại với khuôn đã quay	ĐƯỢC: bắt lỗi đạo cụ sai chỗ, cúc áo cài lệch. CẢNH GIÁC: nó không hiểu chỗ nào lệch thì có hại — báo động giả rất nhiều

CÂU HỎI TẠI LỚP

Bám nét tự động giữ nét vào khuôn mặt nào?

A Khuôn mặt gần máy quay nhất

B Khuôn mặt rõ nhất và ổn định nhất

C Khuôn mặt của diễn viên chính

D Khuôn mặt đang nói

Suy nghĩ 30 giây — rồi trả lời

GIẢI THÍCH

Đáp án

B — khuôn mặt RÕ NHẤT và ỔN ĐỊNH NHẤT. Máy tối ưu một thứ đo được, không tối ưu ý đồ đạo diễn.

- Đạo diễn có thể đang muốn nét nằm ở **người đứng phía sau**, hoặc muốn nét **trôi khỏi mặt** để chuyển sự chú ý.
- Chuyển nét là một thủ pháp kể chuyện. Máy không có cách nào biết được điều đó.
- **Quy tắc thực hành:** dùng bám nét tự động cho cảnh mà ý đồ TRÙNG với thứ máy tối ưu — phỏng vấn, cảnh một người, cảnh theo dõi.
- **Tắt nó** ở mọi cảnh có chuyển nét làm nghĩa.

MỤC 12.10

Hậu kỳ hình nhận dạng và biến đổi

- Nhóm CHÍN MUỒI nhất, đã vào sản xuất thật sâu nhất
- Hai tính chất tốt: kiểm được ngay bằng mắt
- và tư liệu gốc vẫn còn nguyên nên hỏng thì làm lại
- Nối lại mục 10.18 và 10.19 của Chương 10



MỤC 12.10

Sáu ứng dụng và mức chín muồi

Ứng dụng	Thay việc gì	Mức chín muồi
Phân đoạn tự động	Thay vòng khoá vẽ tay từng khung hình	RẤT CAO với người và vật rõ viền; còn yếu với tóc bay, khói, lưới, kính
Khử nhiễu	Thay bộ lọc khử nhiễu theo thời gian	RẤT CAO. Giữ chi tiết tốt hơn hẳn bộ lọc cũ ở cùng mức khử
Nội suy khung hình cho quay chậm	Thay việc quay ở tốc độ cao ngay từ đầu	CAO với chuyển động đều; hỏng ở chỗ có vật thể che nhau
Nâng độ phân giải	Thay việc quét lại phim gốc	CAO về mặt nhìn — nhưng xem lại ranh giới tư liệu ở mục 12.2.3
Phục hồi tư liệu cũ	Thay việc vá xước, khử rung, khử chớp sáng làm tay	CAO, và là ứng dụng có giá trị xã hội rõ nhất của cả nhóm
Đóng khung lại theo tỉ lệ khác	Thay việc dịch khuôn hình bằng tay	CAO cho nội dung mạng; KHÔNG dùng được cho phim chiếu rạp

MỤC 12.10.2

Hệ quả mà ít ai nói: SỐ LẦN DÁM SỬA

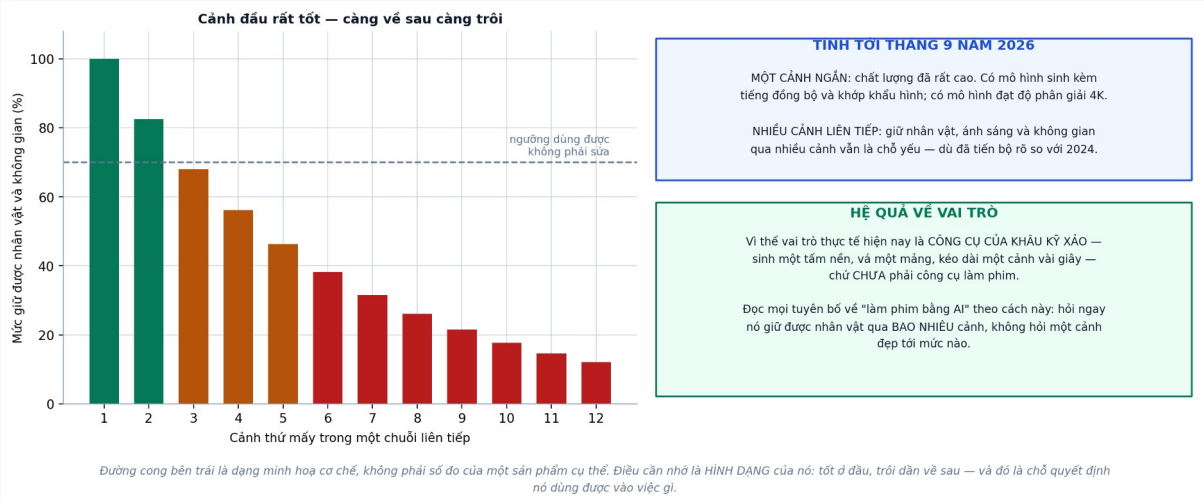
Khi một công đoạn rút từ ba ngày xuống ba giờ, cái thay đổi không chỉ là chi phí.

- Một đạo diễn biết việc sửa mất **ba ngày** thì cân nhắc rất kỹ trước khi đổi ý.
- Biết mất **ba giờ** thì đổi ý nhiều lần — và mỗi lần đều "hợp lý".
- Đây là chỗ lợi ích kỹ thuật **biến thành phình chi phí**, nếu không ai đặt giới hạn.
- **Việc của người quản lý sản xuất:** đặt số vòng sửa tối đa TRƯỚC khi bắt đầu, không phải sau khi đã quá muộn.

MỤC 12.11

Hậu kỳ hình tạo sinh

- Nhóm được nói tới nhiều nhất, hiểu sai nhiều nhất
- Phải tách hai điều: chất lượng MỘT CẢNH NGẮN
- và khả năng nhất quán qua NHIỀU CẢNH
- Chất lượng một cảnh đã rất cao. Ba thứ vẫn chưa được.



Ba thứ chưa giải quyết được

Và chúng đúng là ba thứ mà một bộ phim cần nhất.

- **Giữ nhân vật qua nhiều cảnh.** Cùng một người, quay ở hai cảnh khác nhau, phải là cùng một người. Đây là chỗ hỏng rõ nhất.
- **Giữ ánh sáng và không gian.** Nguồn sáng phải ở nguyên chỗ khi máy quay đổi góc. Máy tạo sinh chưa có mô hình không gian — nó chỉ có thói quen.
- **Điều khiển được chính xác.** Đạo diễn nói "lùi máy ra nửa mét và hạ xuống mười phân" thì phải ra đúng thế. Hiện nay phần lớn phải sinh lại và chọn.
- Ba thứ này đều thuộc loại **nhất quán qua thời gian và không gian** — thứ mà một cảnh ngắn đứng riêng không cần tới.

VỊ TRÍ ĐÚNG CỦA NHÓM NÀY

Công cụ của khâu kỹ xảo — chưa phải công cụ làm phim

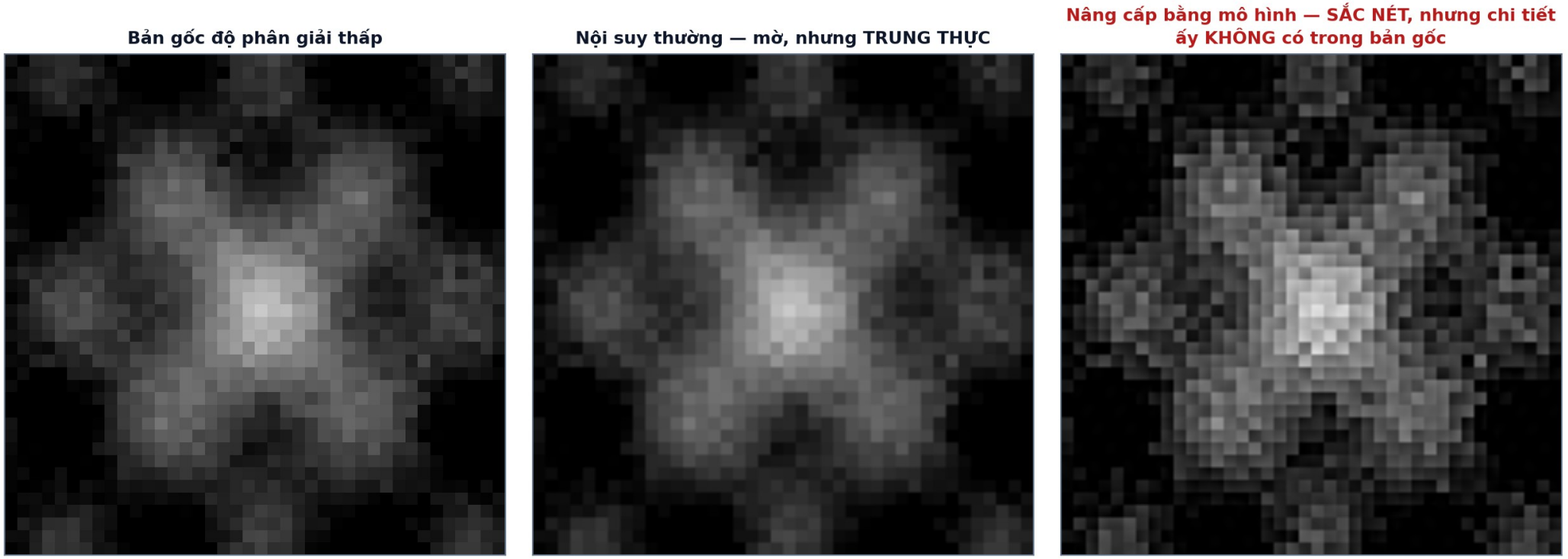
Thay được: xoá vật thể và vá nền · kéo dài một cảnh thiếu vài giây · sinh cảnh nền tĩnh ở xa · sinh vật thể phụ không ai nhìn kỹ.

Chưa thay được: bất cứ thứ gì cần nhất quán qua nhiều cảnh · bất cứ thứ gì có diễn viên ở tiền cảnh.

Ranh giới này **đang dịch** — và đó chính là lý do mục này viết bằng các LOẠI GIỚI HẠN chứ không bằng tên sản phẩm.

Khi ranh giới dịch, hai ô trên đổi chỗ cho nhau. Cách viết này vẫn đúng.

Nâng độ phân giải: chi tiết được BỊA RA



Hình bên phải trông "tốt hơn" và đó chính là vấn đề. Với một phóng sự hay một tư liệu lưu trữ, chi tiết bịa thêm là một sai phạm về nội dung chứ không phải một cải thiện về hình ảnh. Quy tắc: nâng cấp tư liệu HƯ CẤU thì được; nâng cấp tư liệu TÀI LIỆU thì phải ghi rõ đã nâng cấp.

Bản bên phải sắc nét hơn — nhưng những chi tiết sắc nét ấy KHÔNG CÓ trong bản gốc

CÔNG THỨC 12.3

Thời gian sinh theo số khung hình

Con số phải tính TRƯỚC khi hứa với đoàn — và nó không xuất hiện trong bản giới thiệu của công cụ.

$$N_{\text{fr}} = t \cdot f_{\text{fr}} \; ; \qquad t_{\text{gen}} = \frac{N_{\text{fr}}}{R_{\text{gen}}}$$

- **N_fr** — số khung hình của cảnh; **f_fr** — tần số hình; **R_gen** — số khung máy sinh được trong một giây.
- Ví dụ: cảnh 8 giây ở 24 hình/giây → N_fr = **192 khung**. Máy sinh 2 khung/giây → t_gen = **96 giây** cho MỘT lần sinh.
- Tức chỉ bằng **0,083 lần** thời gian thực. Rồi còn phải nhân với **1/η** mới ra thời gian thật cho một cảnh dùng được.

CÔNG THỨC 12.4

Dung lượng kho khi sinh nhiều phương án

Sinh nhiều phương án thì kho phình rất nhanh, vì mỗi cảnh dùng được đi kèm nhiều cảnh bị loại.

$$S_{peak} = n_{gen} \cdot S_1 \; ; \qquad S_{keep} = S_{peak} \cdot k_{keep}$$

- **S_1** — dung lượng một phương án; **k_keep** — tỉ lệ giữ lại sau khi lọc.
- Ví dụ: cảnh 8 giây ở 50 Mbit/s nặng **0,05 GB**. Sinh 10 phương án mỗi cảnh, phim có 200 cảnh → cao điểm khoảng **100 GB**; giữ 20 % còn **20 GB**.
- **Con số phải chuẩn bị chỗ là con số CAO ĐIỂM,** không phải con số sau khi lọc. Hai con số chênh nhau đúng 1/k_keep lần.
- Kèm theo là một kỷ luật vận hành: phải có **LỊCH DỌN**. Không có lịch dọn thì k_keep bằng 1.

MỤC 12.12

Hậu kỳ tiếng dọn tiếng và tách nguồn

- Chỗ công cụ mới THẮNG DỨT ĐIỂM công cụ truyền thống
- Lý do nằm ở bản chất tín hiệu: tiếng nói rất có quy luật
- Không tạo ra thứ gì mới — chỉ LẤY ĐI thứ không mong muốn
- Nên gần như không còn tranh cãi pháp lý



MỤC 12.12

Năm việc dọn tiếng

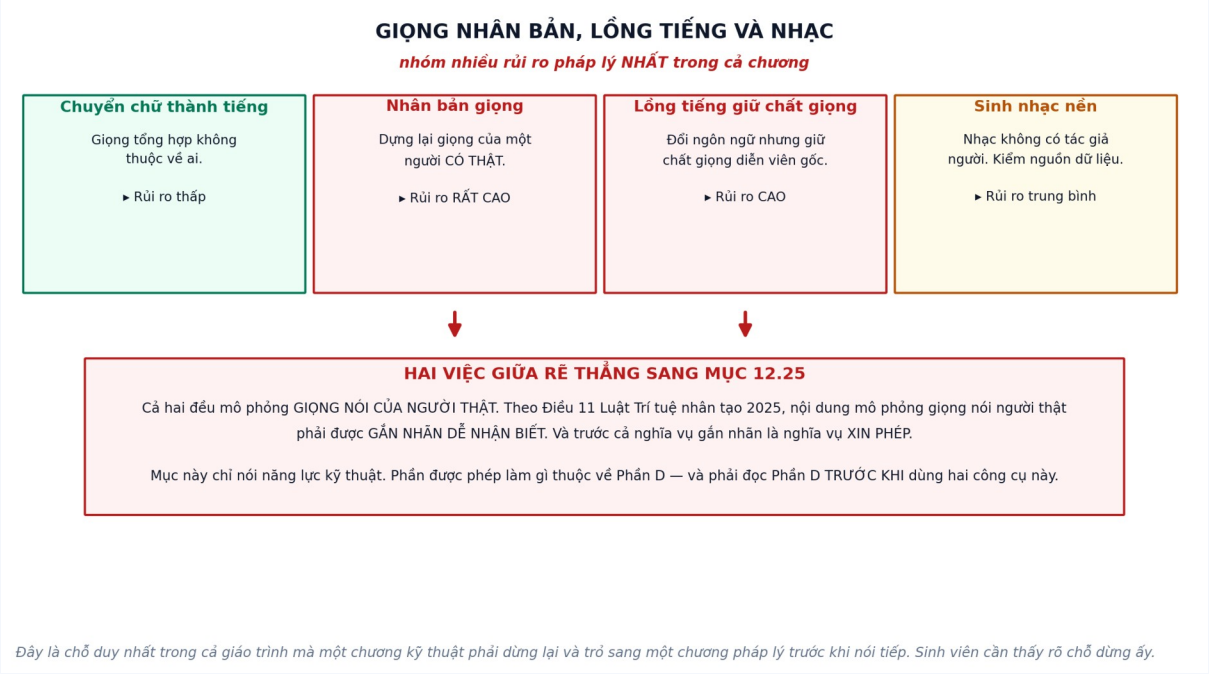
Việc	Công cụ cũ làm được tới đâu	Công cụ mới
Khử ồn nền	Được, nhưng lấy đi cả phần cao của giọng	Khử sâu hơn nhiều mà giọng gần như không suy suyển
Khử tiếng vọng phòng	Gần như KHÔNG làm được	Làm được — bước nhảy lớn nhất của cả nhóm
Khử tiếng ù, tiếng rít máy	Được, nhưng phải dò tay từng tần số	Tự dò và khử, kể cả khi tần số trôi
Tách lời khỏi nhạc nền	Không làm được	Làm được ở mức dùng trong dựng; chưa đủ để phát hành riêng
Khớp không gian giữa hai lần thu	Làm tay bằng hồi âm nhân tạo, rất khó khớp	Tự động — tiết kiệm nhiều ngày công lồng tiếng

Vì sao nhóm này không gây tranh cãi pháp lý: nó không tạo ra thứ gì mới, không mô phỏng ai. Không có nội dung nào bị bịa ra.

MỤC 12.13

Hậu kỳ tiếng giọng nhân bản và lồng tiếng

- Nhóm nhiều RỦI RO PHÁP LÝ NHẤT của cả chương
- Mục này chỉ nêu NĂNG LỰC KỸ THUẬT
- Toàn bộ phần quyền nhân thân ở mục 12.25 — buổi D
- Giọng nói là một phần của NHÂN THÂN, không phải tư liệu



Đây là chỗ duy nhất trong cả giáo trình mà một chương kỹ thuật phải dừng lại và trỏ sang một chương pháp lý trước khi nói tiếp. Sinh viên cần thấy rõ chỗ dừng ấy.

MỤC 12.13.1

Bốn năng lực, xếp theo mức rủi ro

- **Chuyển chữ thành tiếng nói.** Giọng tổng hợp không thuộc về ai. Rủi ro thấp nhất trong nhóm; vẫn thuộc diện phải đánh dấu máy đọc được.
- **Nhân bản giọng của một người.** Cần dữ liệu thu của chính người ấy. Đây là chỗ phát sinh toàn bộ nghĩa vụ ở mục 12.25.
- **Lồng tiếng sang ngôn ngữ khác, giữ chất giọng gốc.** Kỹ thuật đã đủ dùng, kể cả khớp khẩu hình. Nhưng nó là nhân bản giọng CỘNG thêm một lớp — nghĩa vụ cũng cộng thêm.
- **Sinh nhạc nền.** Đủ dùng cho nhạc lót không có vai trò kể chuyện. Vướng câu hỏi quyền tác giả ở mục 12.26.

Giọng nói là một phần
của NHÂN THÂN,
không phải một loại tư liệu

xoá tệp đi không xoá được việc đã xảy ra

QUY TẮC TỐI THIỂU — ÁP DỤNG NGAY

Kể cả khi luật chưa buộc

Không nhân bản giọng của ai khi chưa có văn bản đồng ý của chính người ấy — kể cả người đã qua đời, kể cả nhân vật của công chúng, kể cả khi chỉ làm để thử.

Văn bản đồng ý phải đủ **sáu điểm** ở mục 12.25. Một câu "em đồng ý" trong tin nhắn KHÔNG phải văn bản đồng ý.

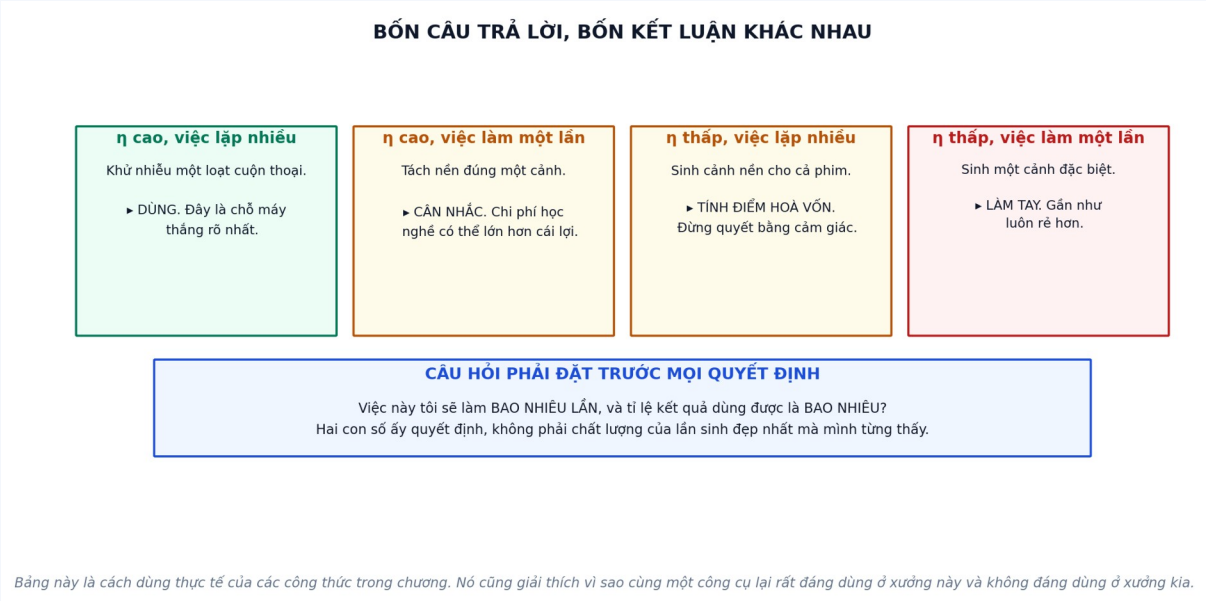
Giữ lại toàn bộ hồ sơ: bản thu gốc, văn bản đồng ý, nhật ký sử dụng.

Đây là thứ duy nhất bảo vệ được người làm nghề khi có tranh chấp — và tranh chấp loại này thường đến rất muộn.

MỤC 12.14

Quyết định dùng hay không và bài thực hành số 2

- Quy thời gian ra tiền: chi phí thật một kết quả
- Đầu tư có khoản trả trước → phải có ĐIỂM HOÀ VỐN
- Cùng một công cụ, η khác nhau → kết luận đảo chiều
- Bài thực hành 2: làm một khâu bằng hai đường



Bảng này là cách dùng thực tế của các công thức trong chương. Nó cũng giải thích vì sao cùng một công cụ lại rất đáng dùng ở xưởng này và không đáng dùng ở xưởng kia.

CÔNG THỨC 12.5

Chi phí thật cho MỘT kết quả dùng được

Song song với công thức thời gian ở mục 12.5, chỉ đổi đơn vị từ giây sang đồng.

$$C_{\text{eff}} = \frac{C_{\text{gen}} + C_{\text{hum}}}{\eta}$$

- **C_gen** — chi phí máy sinh MỘT lần (tiền dịch vụ, hoặc tiền điện cộng khấu hao).
- **C_hum** — chi phí công người xem và quyết định MỘT lần, quy từ thời gian xem và đơn giá giờ.
- Ví dụ: xem 120 giây với đơn giá 150 nghìn đồng/giờ → C_hum = **5 nghìn đồng** một lần xem.

CÔNG THỨC 12.6

Điểm hoà vốn

Đầu tư vào công cụ mới luôn có khoản trả trước: giấy phép, học nghề, dựng lại quy trình.

$$N^{*} = \frac{C_{\text{setup}}}{C_{\text{man}} - C_{\text{eff}}}, \qquad C_{\text{man}} > C_{\text{eff}}$$

- **C_setup** — chi phí thiết lập một lần; **C_man** — chi phí làm tay một lần; **N∗** — số lần phải làm để hoà vốn.
- Điều kiện **C_man > C_eff** là điều kiện tồn tại.
- Nếu công cụ mới KHÔNG rẻ hơn làm tay thì **không có điểm hoà vốn nào** — và "không đáng dùng" là một kết luận hoàn toàn hợp lệ.

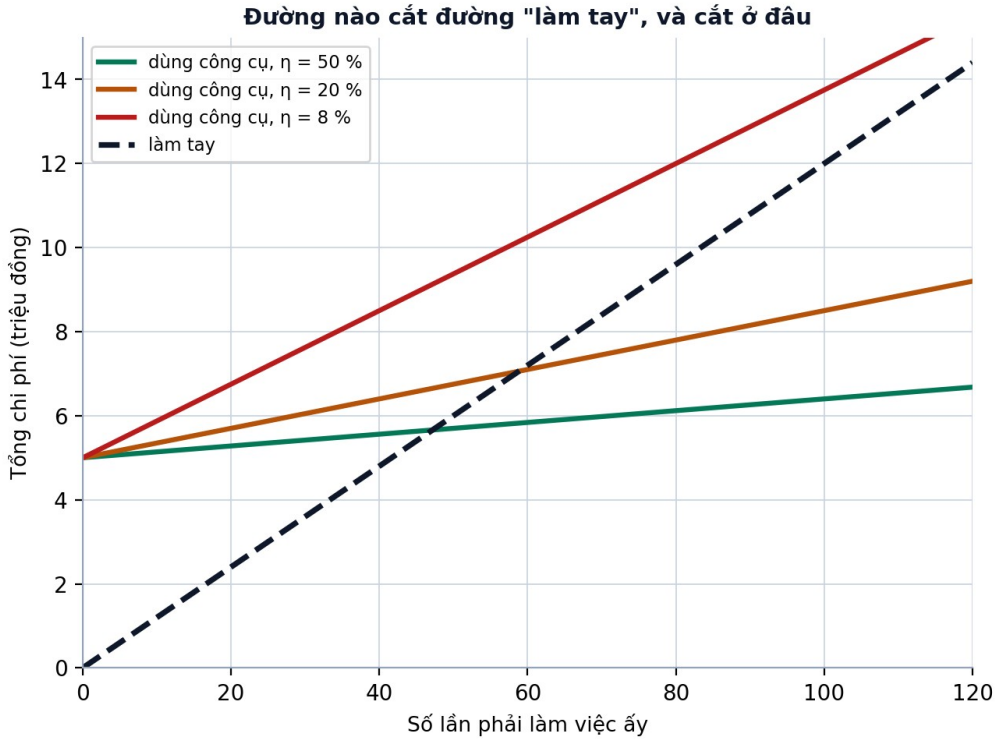
Cùng một công cụ, ba tỉ lệ η, ba kết luận

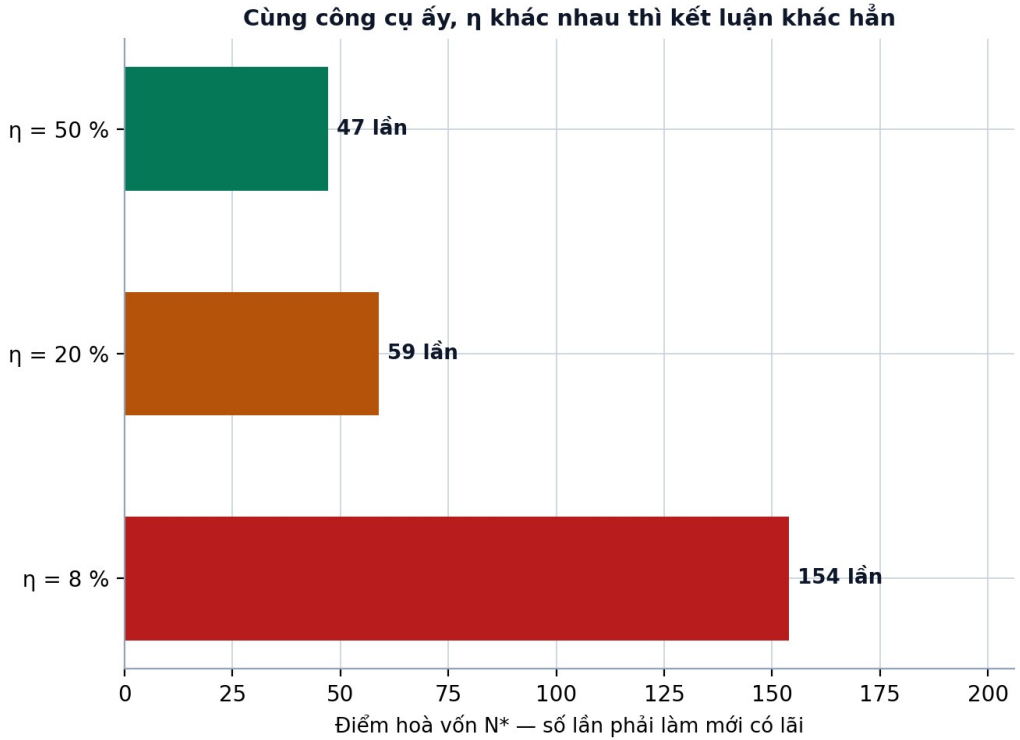
η	C_eff (đồng)	N∗ (lần)	Kết luận với 60 lần dự kiến
50 %	14.000	47	ĐÁNG đầu tư
20 %	35.000	59	ĐÁNG đầu tư — sát ngưỡng
8 %	87.500	154	CHƯA đáng

Chung một bộ giả thiết: thiết lập 5.000.000 đồng · làm tay 120.000 đồng/lần · máy sinh 2.000 đồng/lần · xem 120 giây ở 150.000 đồng/giờ. CHỈ CÓ η THAY ĐỔI.

MỤC 12.14.2

Hai đường chi phí và điểm hoà vốn





Ví dụ: đầu tư ban đầu 5 triệu đồng, làm tay hết 120 nghìn một lần, máy sinh hết 2 nghìn một lần, người xem mỗi lần 2 phút với đơn giá 150 nghìn một giờ. Ở η = 20 %, chi phí thật một kết quả dùng được là 35.000 đồng và điểm hoà vốn ở 59 lần. Cùng công cụ ấy ở η = 8 % thì điểm hoà vốn lùi xa hơn nhiều.

Cùng một công cụ, cùng một giá — η quyết định đường nào cắt đường "làm tay" và cắt ở đâu

MỤC 12.14.3

Đọc lại cả Phần B bằng hai trục



Nghĩa vụ gắn nhãn theo Điều 11 rơi vào Ô GÓC DƯỚI BÊN PHẢI — và chỉ ô ấy.

Bảng này gộp hai trục đã dựng ở Phần A. Đọc nó thì thấy ngay vì sao phần lớn ứng dụng AI trong hậu kỳ KHÔNG kéo theo nghĩa vụ pháp lý nào: chúng nằm ở các ô phía trên bên trái.

Chín ô — và nghĩa vụ gắn nhãn theo Điều 11 chỉ rơi vào ô góc dưới bên phải

CÂU HỎI TẠI LỚP

Một cơ sở đầu tư 8 triệu đồng cho một công cụ.
Công cụ rẻ hơn làm tay 60 nghìn đồng mỗi lần.
Cơ sở dự kiến dùng 100 lần trong năm.
Có nên đầu tư không?

A	Có — 100 lần là nhiều
B	Không — điểm hoà vốn ở 133 lần
C	Có — vì công cụ mới bao giờ cũng đáng thử
D	Chưa đủ dữ kiện để trả lời

Suy nghĩ 30 giây — rồi trả lời

GIẢI THÍCH

Đáp án

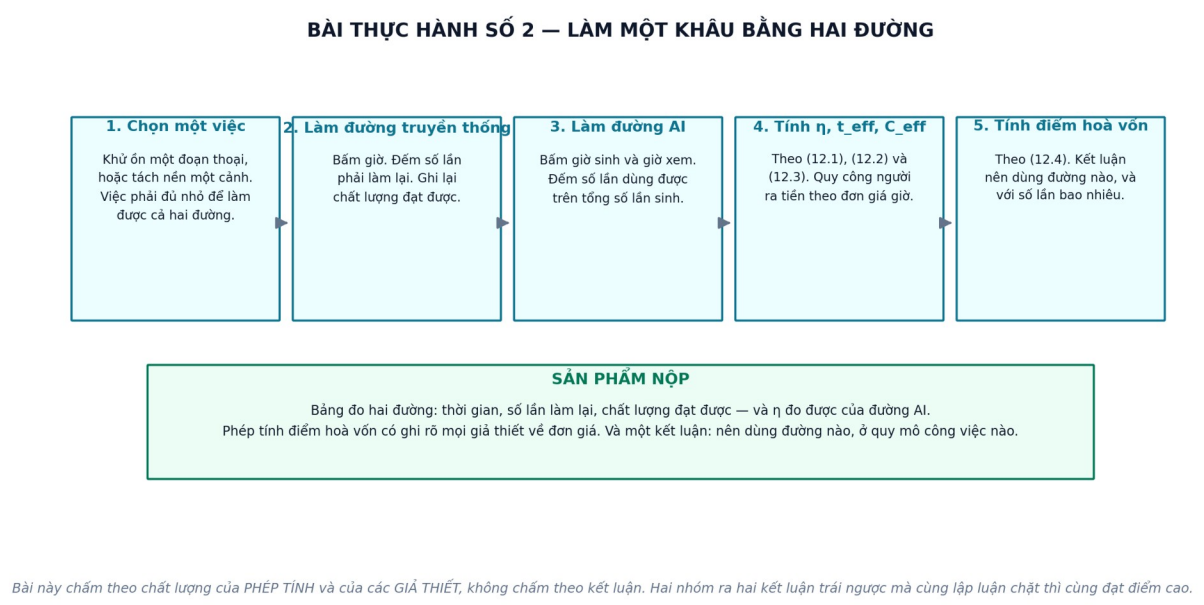
B — điểm hoà vốn ở khoảng 133 lần. Dùng 100 lần thì vẫn lỗ khoảng 2 triệu đồng.

- $N*$ = C_setup / (C_man − C_eff) = 8.000.000 / 60.000 = **133,3 lần**.
- Ở 100 lần: chi phí công cụ = 8.000.000 + 100 × C_eff, chi phí làm tay = 100 × C_man → chênh khoảng **2 triệu đồng**.
- **Nhưng kết luận này chưa phải kết luận cuối:** nếu năm sau vẫn dùng thì tổng số lần vượt 133 và khoản đầu tư có ích.
- **Bài học:** $N*$ phải so với số lần trong CẢ VÒNG ĐỜI của công cụ, không phải trong một năm — và phải trừ đi rủi ro công cụ bị thay trước khi hoà vốn.

BÀI THỰC HÀNH 12.14

Bài thực hành số 2 Làm một khâu bằng hai đường

- Chọn một việc: khử ồn một đoạn thoại, hoặc tách nền một cảnh
- Làm bằng đường truyền thống VÀ đường có công cụ AI
- Đo thời gian, đếm số lần làm lại, so chất lượng
- Tính C_eff và điểm hoà vốn, ghi rõ mọi giả thiết



Bài này chấm theo chất lượng của PHÉP TÍNH và của các GIẢ THIẾT, không chấm theo kết luận. Hai nhóm ra hai kết luận trái ngược mà cùng lập luận chặt thì cùng đạt điểm cao.

CHỐT LẠI PHẦN B

Bảy mục, một câu hỏi

Tiền kỳ: máy mạnh ở SỐ LƯỢNG phương án. Cảnh giác bẫy trung bình.

Trường quay: gần như toàn bộ ở mức trợ giúp. Bám nét tự động chọn theo xác suất.

Hậu kỳ hình, nhận dạng và biến đổi: nhóm chín muồi nhất. Coi chừng số lần dám sửa.

Hậu kỳ hình, tạo sinh: công cụ của khâu kỹ xảo, chưa phải công cụ làm phim.

Hậu kỳ tiếng, dọn tiếng: máy đã thắng dứt điểm, không tranh cãi pháp lý.

Giọng nhân bản: nhiều rủi ro nhất. Không có văn bản đồng ý thì không làm.

Buổi sau:
Sản xuất ảo, phương tiện mới và hạ tầng

Phần C — mục 12.15 đến 12.20 · nối tiếp phần cứng của Chương 11