

KHÔI PHỤC PHẦN DỮ LIỆU BỊ MẤT TRONG ẢNH ĐỘNG

• Nguyễn Đăng Quang

ABSTRACT:

Making use of PDE in digital image processing has been widely developed recently. First introduced by Bertalmio, digital image inpainting algorithms did give impressive results in removing scratches in old images. This paper is dedicated to briefly present achieved works has been made to apply this technique in removing blotches and scratches in old films.

I. GIỚI THIỆU

Khôi phục dữ liệu bị mất trong ảnh động là một nhu cầu rất lớn hiện nay trong xu thế số hoá phim nhựa. Trong quá trình số hoá phim nhựa, một bước không thể thiếu là xử lý tăng cường chất lượng phim thậm chí khôi phục lại các phần bị mất dữ liệu trong đoạn phim. Đây là một vấn đề lớn và đã được nghiên cứu từ rất lâu trên thế giới. Các công ty nổi tiếng như Kodak, Quantel... đã tốn rất nhiều công sức trong việc đầu tư nghiên cứu và đã có kết quả tốt. Ở Việt Nam, Trung tâm Ứng dụng Khoa học Truyền hình BRAC cũng đã có những đề tài nghiên cứu về vấn đề này và đã có kết quả tốt.

Dữ liệu bị mất trong ảnh động gồm 2 dạng: (1) Các vết trầy xước dọc, ngang (line scratch) gây ra do ma sát phim nhựa với thiết bị chiếu (2) Các vết màu bẩn (Blotch) gây ra do vật liệu làm phim lâu ngày bị thay đổi tính chất hoặc điều kiện lưu trữ không đảm bảo.

Nguyên tắc chung để giải quyết bài toán khôi phục dữ liệu gồm hai bước: (1) Dò vùng mất và (2) Khôi phục.

Vết trầy xước dọc được dò bằng cách so sánh độ xám của các pixels trên cùng cột (bằng ngưỡng) với độ xám của các pixels trên cột lân cận (bằng ngưỡng). Việc khôi phục được thực hiện bằng cách thay pixels trên cột mất bằng giá trị trung bình của các pixels lân cận.

Vết màu bẩn được dò bằng các bộ dò SDI, SDIa, SDIp, ROD hoặc SROD [7]. Việc khôi phục được thực hiện bằng cách tính nội suy trung bình các khung trước và sau khung

bị mất hoặc sử dụng bộ lọc Media đa lớp ML3DEX.

Bài toán khôi phục dữ liệu bị mất được giải quyết bằng cách khác so với các phương pháp truyền thống đã thực hiện. Vùng mất vẫn được xác định bằng các bộ dò truyền thống [7], riêng việc khôi phục được thực hiện bằng các giải thuật khôi phục ảnh dựa trên thông tin của vùng ảnh xung quanh vùng bị mất (image inpainting).

Nội dung bài báo được trình bày như sau: Đầu tiên là nguyên lý và giải thuật của các phương pháp khôi phục vùng dữ liệu bị mất của Bertalmio và Oliveira. Sau đó là các đề xuất, các thực nghiệm đã tiến hành và cuối cùng là đánh giá kết luận khả năng áp dụng các giải thuật trên vào khôi phục dữ liệu bị mất trong ảnh động.

II. CÁC GIẢI THUẬT KHÔI PHỤC VÙNG DỮ LIỆU BỊ MẤT

a. Giải Thuật Bertalmio [9]

Gọi $I_0(i,j): [0,M] \times [0,N] \rightarrow \mathfrak{R}$, với $[0,M] \times [0,N] \subset \mathbb{N} \times \mathbb{N}$ là tập các điểm ảnh. Giải thuật nhằm tạo ra một họ các ảnh $I(i,j,n): [0,M] \times [0,N] \times \mathbb{N} \rightarrow \mathfrak{R}$ (\mathfrak{R} là tập số thực) với $I(i,j,0) = I_0(i,j)$ và

$$\lim_{n \rightarrow \infty} I(i,j,n) = I_R(i,j)$$

trong đó $I_R(i,j)$ là kết quả khôi phục.

Phương trình biểu diễn bài toán khôi phục

$$C_{iv} = \frac{I_{dm}}{U_{ng}} 10^3 m$$

có dạng:

- Trong đó:

∇^\perp : Vector vuông góc với gradient
 $(-\partial_y, \partial_x)$

Δ : Toán tử laplace $\partial_x^2 + \partial_y^2$

- Lời giải của phương trình có dạng:

$$I^{n+1}(i, j) = I^n(i, j) + \Delta t I_t^n(i, j), \quad \forall (i, j) \in \Omega$$

Trong đó n là ký hiệu thời điểm tô, (i,j) là tọa độ điểm, Δt là tốc độ cải thiện và $I_n(i,j)$ là giá trị cập nhật của $I_n(i,j)$.

Trong đó:

$$I_t^n(i, j) = \left(\vec{\delta L}^n(i, j) \cdot \frac{\vec{N}(i, j, n)}{|\vec{N}(i, j, n)|} \right) |\nabla I^n(i, j)|$$

$$\vec{\delta L}^n(i, j) := (L^n(i+1, j) - L^n(i-1, j), L^n(i, j+1) - L^n(i, j-1))$$

$$L^n(i, j) := L_{xx}^n(i, j) + L_{yy}^n(i, j)$$

$$\frac{\vec{N}(i, j, n)}{|\vec{N}(i, j, n)|} := \frac{(-I_y^n(i, j), I_x^n(i, j))}{\sqrt{(I_x^n(i, j))^2 + (I_y^n(i, j))^2}}$$

$$\beta^n(i, j) = \vec{\delta L}^n(i, j) \cdot \frac{\vec{N}(i, j, n)}{|\vec{N}(i, j, n)|}$$

$$|\nabla I^n(i, j)| = \begin{cases} \sqrt{(I_{xM}^n)^2 + (I_{yM}^n)^2 + (I_{yM}^n)^2 + (I_{xM}^n)^2}, & \text{khi } \beta^n > 0 \\ \sqrt{(I_{xM}^n)^2 + (I_{yM}^n)^2 + (I_{yM}^n)^2 + (I_{xM}^n)^2}, & \text{khi } \beta^n < 0 \end{cases}$$

Trong đó β^n là hình chiếu của $\vec{\delta L}$ lên vector chuẩn hóa \vec{N} . Các chỉ số f, b ký hiệu sai phân thuận (forward), nghịch (backward), m, M ký hiệu giá trị nhỏ nhất (minimum) và lớn nhất (maximum) của giá trị sai phân so với 0.

Giải thuật lặp lại cho đến khi $I_t=0$, điều này tương đương với việc giải phương trình $\nabla \cdot \nabla^\perp I = 0$: Độ trơn là hằng số dọc theo đường mức. Theo Bertalmio, số lần tô vào là 15, sau mỗi lần tô vào thực hiện 3 lần làm trơn ảnh bằng anisotropic diffusion, quá

trình trên được hoàn tất sau khoảng 300 lần lặp.

b. Giải Thuật Khôi Phục Nhanh Của Oliveira

Giải thuật này do Manuel Oliveira, Brian Bowen, Richard McKenna và Yu-Sung Chang [8] đề xuất. Giải thuật này có tốc độ thực hiện rất nhanh, tuy nhiên nó chỉ áp dụng cho những vùng mất có độ rộng nhỏ khoảng vài pixel.

Gọi ∂ là biên của miền ảnh cần khôi phục, giải thuật khôi phục sẽ mở rộng biên ∂ vào bên trong vùng mất dựa trên thông tin của vùng ảnh bên ngoài biên ∂ .

Giải thuật được thực hiện bằng cách thực hiện chập vùng ảnh cần khôi phục với 2 diffusion kernels sau:

Diffusion kernel 1: Diffusion kernel 2:

a	b	a
b	0	b
a	b	a

$$a = 0.073235, \\ b = 0.176765$$

c	c	c
c	0	c
c	c	c

$$c = 0.125$$

Mã giả (pseudo-code) của giải thuật:

Khởi động miền (mask)

for ($iter = 0$; $iter < n$; $iter+$

Chập miền mask với diffusion kernel

c. Giải Thuật Bertalmio Và Oliveira Đa Phân Giải

Bằng cách chia vùng mất ra những phần có độ rộng nhỏ hơn, giải thuật Oliveira có thể thực hiện được trên vùng mất lớn hơn và giải thuật Bertalmio có thể thực hiện nhanh hơn. Để đảm bảo chất lượng ảnh khôi phục, phương pháp chia nhỏ được thực hiện bằng cách thu nhỏ ảnh (vùng mất nhỏ theo). Giải thuật được thực hiện trên ảnh thu nhỏ. Kết quả khôi phục ở vùng bị mất sẽ được phóng

lớn làm dữ liệu đầu vào cho ảnh ở tỉ lệ lớn hơn.

III. ĐỀ XUẤT

a. Đề Xuất Khôi Phục Vùng Dữ Liệu Bị Mất Dạng Blotch

Giải thuật đề xuất khôi phục dữ liệu mất dạng Blotch như sau:

GT 5.1.1

- Ước lượng chuyển động bằng phương pháp tìm kiếm 3 bước,
- Dò vùng mất bằng SDI, SDIp, ROD hoặc SROD,
- Khôi phục bằng giải thuật Bertalmio đa phân giải.

GT 5.1.2

- Ước lượng chuyển động bằng phương pháp tìm kiếm 3 bước,
- Dò vùng mất bằng SDI, SDIp, ROD hoặc SROD,
- Khôi phục bằng cách thay thế các pixel trong vùng mất bằng trung bình cộng của các pixel khung trước và khung bị mất sau khi đã bù chuyển động.

b. Đề Xuất Đối Với Dữ Liệu Mất Dạng Trầy Sứt Dọc Và Ngang hoặc bất kỳ

Đối với các vết trầy xước có độ rộng khoảng vài pixel, cách tốt nhất để khôi phục là sử dụng giải thuật của Oliveira đa phân giải.

Đề xuất khử vết trầy xước dọc, ngang (hoặc bất kỳ):

GT 5.2

- Dò vết trầy xước dọc, ngang bằng các phép toán Morphology,
- Khôi phục bằng giải thuật Oliveira đa phân giải.

c. Đề Xuất Khôi Phục Tổng Quát

GT 5.3

- Dò vết trầy xước dọc, ngang bằng các phép toán Morphology,
- Khôi phục bằng giải thuật Oliveira đa phân giải,
- Dò blotch bằng SDI, SDIp, ROD hoặc SROD,
- Khôi phục bằng giải thuật Bertalmio đa phân giải.

d. Đề Xuất Xoá Logo, Quảng Cáo

Các Logo, dòng chữ quảng cáo, chữ ký của hãng sản xuất chương trình hoặc ký hiệu của đài truyền hình... có thể được xem là vùng dữ liệu bị mất trên khung ảnh. Những thành phần này có các đặc điểm sau:

- Có hình dạng, màu sắc, kích thước và vị trí không thay đổi qua tất cả các khung ảnh,
- Thường xuất hiện ở các góc của khung hình, với mục đích không làm ảnh hưởng đến phần chi tiết khác trong khung,
- Các vùng màu đôi khi đồng nhất, đôi khi trong suốt,
- Có biên so với vùng nền ảnh.

Giải thuật Xoá logo đề xuất gồm các bước:

GT 5.4

- Lấy khung ảnh đầu tiên trong chuỗi ảnh,
- Đánh dấu vùng logo cần xoá,
- Lưu trữ các pixel trong vùng đánh dấu,
- Xoá vùng đánh dấu bằng giải thuật Bertalmio đa phân giải,
- Lặp lại cho tất cả các khung trong chuỗi ảnh.

IV. THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

a. Khôi Phục Dữ Liệu Dạng Blotch và Scratch

Mỗi thực nghiệm gồm 3 khung ảnh liên tiếp được đánh thứ tự 1,2,3 và được thực hiện:

- Rải blotch trên khung 2 và đánh giá kết quả khôi phục.
- Rải blotch trên khung 2, 3 và đánh giá kết quả khôi phục trên khung 2.

Phương pháp ước lượng chuyển động sử dụng cho các thực nghiệm là tìm kiếm 3 bước với các bộ dò SDI, SDIp, ROD, SROD. Các phương pháp nội suy là Inpainting và tính trung bình pixel dựa trên khung trước và sau. Blotch được rải tại một số vị trí đặc biệt trên khung nhằm đánh giá khả năng khôi phục chi tiết, khả năng khôi phục đường nét và khả năng khôi phục các biên ảnh.

** Đánh giá khách quan:*

Kết quả đánh giá khách quan được trình bày bằng các đồ thị hình 2.

** Đánh giá chủ quan:*

Việc đánh giá kết quả chủ yếu dựa trên việc quan sát bằng mắt ảnh khôi phục của một nhóm người và sau đó lấy giá trị đánh giá trung bình.

Nhóm thực hiện đánh giá chủ quan gồm 10 người trên các kết quả khôi phục bằng Inpainting. Kết quả đánh giá được trình bày bằng các đồ thị hình 3.

b. Xoá vết trầy xước

Kết quả dò và khôi phục trên ảnh phim tư liệu cũ bằng giải thuật đề xuất 5.2 cho thấy bộ dò hoạt động khá tốt cho cả các vết trầy xước dọc, ngang và bất kỳ và vì vậy kết quả khôi phục trong trường hợp này khá tốt.

c. Xoá logo

Thực nghiệm xoá logo, ký hiệu chương trình truyền hình bằng giải thuật đề xuất GT 5.4 được thực hiện trên một số cảnh phim quảng

cáo của đài truyền hình TP. HCM (HTV7). Kích thước mỗi khung ảnh 352x240, kích thước vùng logo khoảng 400 pixels.

Nhìn chung các kết quả xoá là chấp nhận được vì những logo hoặc ký hiệu thường xuất hiện ở góc các khung ảnh, nên vùng xoá không hoàn hảo cũng không dễ dàng nhận ra được vì do tâm lý thị giác, người xem thường bị phân tán bởi các chi tiết chuyển động khác trong chuỗi ảnh.

V. KẾT LUẬN

a. Đánh Giá Kết Quả

Các giải thuật khôi phục của Bertalmio và Oliveira cho kết quả rất tốt đối với ảnh tĩnh có vùng mất không có nhiều chi tiết. Nên sử dụng giải thuật Bertalmio cho vùng mất có độ giải thuật Oliveira cho vùng mất có độ nhỏ.

Đề xuất dò và khôi phục vùng mất dạng blotch cho kết quả tốt, khôi phục bằng inpainting luôn cho kết quả tốt hơn khôi phục bằng nội suy trung bình.

Đề xuất dò và khôi phục vùng mất dạng scratch cho kết quả tốt đối với vết trầy xước dọc, ngang và bất kỳ.

Khôi phục vùng mất bằng inpainting có ưu điểm so với các phương pháp nội suy khác là không phụ thuộc nhiều vào chất lượng các bộ ước lượng chuyển động.

Đề xuất xoá logo, quảng cáo cho kết quả khá tốt.

b. Một số hạn chế

Chưa chọn tự động được giá trị ngưỡng cho các giải thuật dò scratch và blotch.

Giải thuật dò scratch bằng các phép toán Morphology còn quá đơn giản, chưa phân biệt được đâu là vết trầy xước, đâu là chi tiết ảnh, dẫn đến đôi khi chi tiết ảnh được xem là vết trầy xước.

Phương pháp khôi phục bằng inpainting chỉ cho kết quả tốt khi thông tin xung quanh vùng mất đủ để tái tạo lại vùng này vì thế khi kết quả dò không phủ hết các pixel cần khôi phục thì kết quả khôi phục sẽ bị sai.

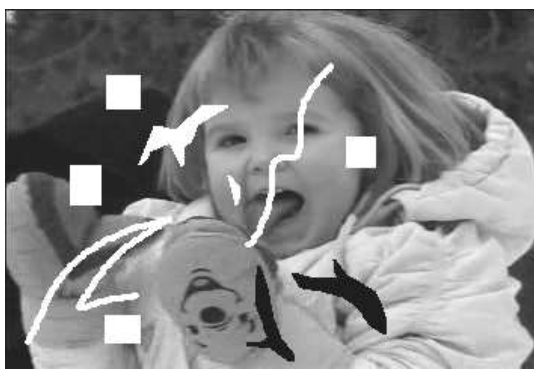
Đây là hạn chế của phương pháp khôi phục dữ liệu bị mất trong ảnh động bằng inpainting so với phương pháp nội suy.

Các biện pháp đề xuất thực chất là áp dụng một giải thuật khôi phục ảnh tĩnh trên từng frame của chuỗi ảnh, chưa tận dụng được một đặc điểm quan trọng khác đó là tương quan thời gian giữa các frame. Nếu xây dựng được một mô hình khôi phục đầy đủ kết hợp giữa inpainting và tương quan thời gian giữa các frame - một mô hình 3D-inpainting chẳng hạn, thì kết quả chắc chắn sẽ tốt hơn nhiều.

VI. HƯỚNG PHÁT TRIỂN

Tự động hoá việc xác định ngưỡng cho các bộ dò blotch và scratch.

Chính xác hoá kết quả dò blotch bằng cách sử dụng giải thuật ước lượng chuyển động phân cấp để có đánh giá đầy đủ hơn về phương pháp khôi phục bằng inpainting. Nghiên cứu xác định một cách tự động độ rộng các vùng mất nhằm áp dụng một cách phù hợp các giải thuật khôi phục Bertalmio và Oliveira: Tự động chạy Oliveira cho các vùng mất có độ rộng nhỏ, chạy Bertalmio cho các vùng mất lớn.



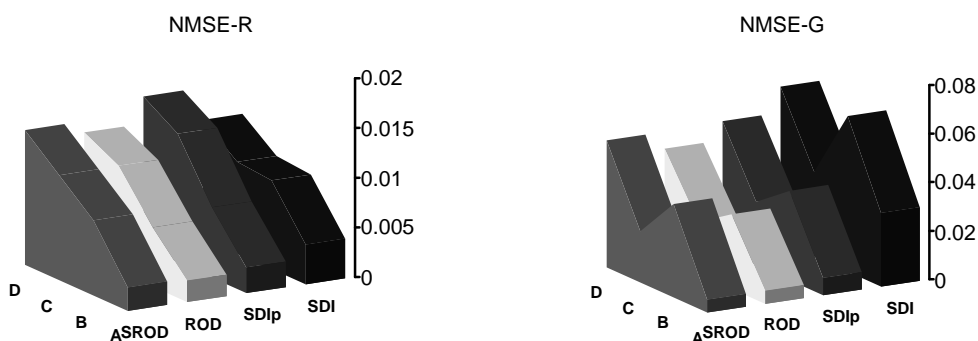
Khung thứ 2 được rải blotch

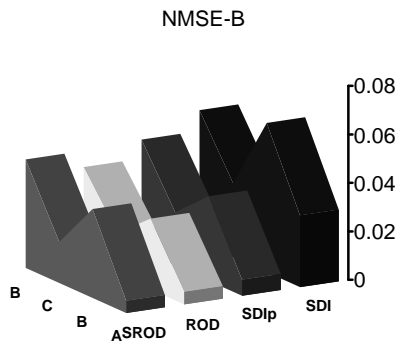
Một trong các kết quả thực nghiệm

Ước lượng tìm kiếm 3 bước, dò vùng mất bằng SROD, khôi phục bằng Bertalmio đa phân giải.

Hình 1: Thực nghiệm xoá blotch và kết quả

NMSE-R:0.002357, NMSE-G:0.005305, NMSE-B:0.005030





A: Khôi phục bằng inpainting, khung 3 không có blotch.

B: Khôi phục bằng inpainting, khung 3 có blotch.

C: Khôi phục bằng interpolation, khung 3 không có blotch.

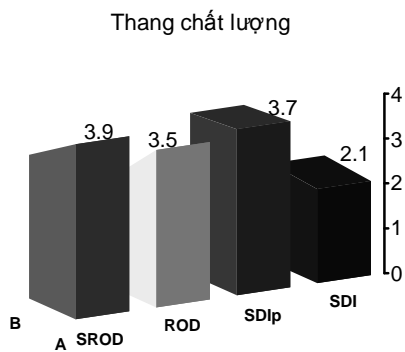
D: Khôi phục bằng interpolation, khung 3 có blotch.

Chiều cao cột biểu diễn giá trị NMSE. Chiều cao càng thấp, chất lượng khôi phục càng tốt.

Hình 2: Đánh giá khách quan kết quả thực nghiệm

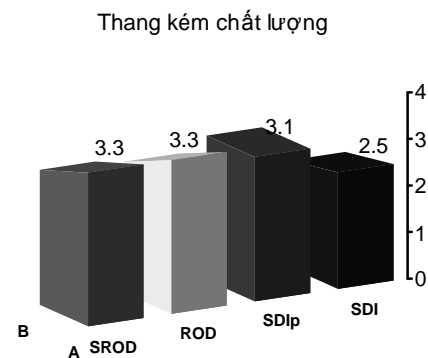
Bảng 1: Thang điểm chất lượng và kém chất lượng đánh giá chủ quan

Thang chất lượng		Thang kém chất lượng	
5	Rất tốt	5	Không nhận biết rõ rệt
4	Tốt	4	Không biết rõ rệt, nhưng không ảnh hưởng
3	Thỏa mãn, đạt (trung bình)	3	Ảnh hưởng nhẹ rõ rệt
2	Xấu	2	Ảnh hưởng
1	Rất xấu (không sử dụng được)	1	Ảnh hưởng trầm trọng



A: Khung 3 không có blotch

B: Khung 3 có blotch

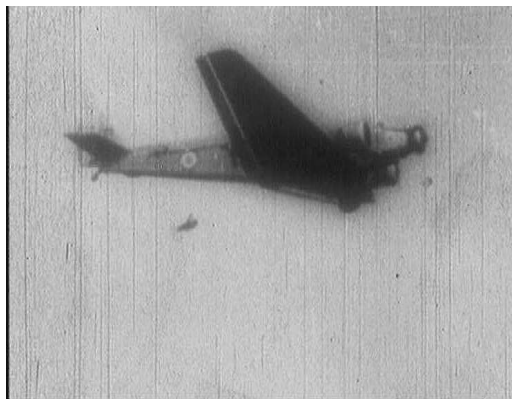


A: Khung 3 không có blotch

B: Khung 3 có blotch

- Với đồ thị thang chất lượng, cột càng cao, chất lượng càng tốt
- Với đồ thị thang kém chất lượng, cột càng thấp, chất lượng càng xấu

Hình 3: Đánh giá chủ quan kết quả thực nghiệm



Ảnh video thực với vết trầy xước



Xóa bằng giải thuật đề xuất GT 5.2

Hình 4: Xóa vết trầy xước (Ảnh tư liệu của Đài THVN)



Phim quảng cáo của HTV7



Kết quả xóa ký hiệu Đài truyền hình

**Hình 5: Xóa ký hiệu chương trình truyền hình -
Phim quảng cáo của đài truyền hình TP.HCM (HTV7)**

VII. TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Kim Sách, Xử lý ảnh và video số – Nhà xuất bản KHKT, Hà Nội, 1997.
2. RAFAEL C. GONZALEZ, RICHARD E. WOODS, Digital Image Processing, Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, USA, 1992.
3. M.BERTAMILO, A.L.. BERTOZZI, G. SAPIRO, Navier-Stokes, Fluid Dynamics, and Image and Video Inpainting.
4. TONY F. CHAN AND JIANHONG SHEN, Mathematical models for local non-texture inpaintings, SIAM J. Appl. Math, 2001.
5. SIMON J. GODSILL AND ANIL C. KOKARAM, Joint Interpolation, motion and parameter estimation for image sequences with missing data, Proc. EUSIPCO, September 1996, Trieste, Italy.
6. MING JIANG, Mathematical Model in Computer vision and Image processing, School of Mathematics, Peking University, Aug 21, 1999.
7. ANIL C. KOKARAM, ROBIN D.MORRIS, WILLIAM J.FITZGERALD, AND PETER J. W. RAYNER, Detection of Missing Data in Image Sequences, IEEE Transactions on Image processing, VOL. 4, NO. 11, November 1995.