**ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP.HCM**

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ THÔNG TIN**



**BÁO CÁO ĐỒ ÁN**

**NHẬP MÔN THỊ GIÁC MÁY TÍNH**

**Đề tài: Xóa đối tượng sử dụng Seam Carving**

|  |  |
| --- | --- |
| Thành viên | Mã số sinh viên |
| Nguyễn Đức Anh Phúc | 20520276 |
| Huỳnh Viết Tuấn Kiệt | 20521494 |
| Phan Hoàng Ân | 16520017 |

|  |  |
| --- | --- |
| Lớp | CS231.M21 |
| Giảng viên hướng dẫn | TS. Nguyễn Vinh Tiệp |

# ĐỒ ÁN CUỐI KÌ – NHẬP MÔN THỊ GIÁC MÁY TÍNH

|  |
| --- |
| *Tên đề tài (tiếng Việt):* Xóa đối tượng sử dụng Seam Carving  *Tên đề tài (tiếng Anh):* Removing Object Using Seam Carving  *Lớp:* Nhập môn thị giác máy tính – CS231  *Mã lớp:* CS.231.M21  *Giảng viên hướng dẫn:* TS. Nguyễn Vinh Tiệp  *Thành viên nhóm:*   * + Nguyễn Đức Anh Phúc – 20520276   + Huỳnh Viết Tuấn Kiệt – 20521494   + Phan Hoàng Ân – 16520017   *Ngày bắt đầu:* 29/05/2022  *Ngày kết thúc:* 03/07/2022 |

# MỤC LỤC

CHƯƠNG 01. TÓM TẮT 5

CHƯƠNG 02. GIỚI THIỆU 6

CHƯƠNG 03. XÓA ĐỐI TƯỢNG SỬ DỤNG SEAM CARVING 7

03.01 THUẬT TOÁN SEAM CARVING 7

03.02 MINH HỌA BÀI TOÁN 8

03.03 MÔ HÌNH HÓA BÀI TOÁN 9

03.03.01 INPUT 9

03.03.02 OUTPUT 9

03.03.03 CONSTRAINT 9

CHƯƠNG 04. PHƯƠNG PHÁP TIẾP CẬN BÀI TOÁN 10

04.01 PHƯƠNG PHÁP TIẾP CẬN BÀI TOÁN 10

04.01.01 LỰA CHỌN ĐỐI TƯỢNG 10

04.01.02 LẤY MASK ĐỐI TƯỢNG 10

04.01.03 XÓA ĐỐI TƯỢNG 10

04.01.04 KHÔI PHỤC KÍCH THƯỚC HÌNH ẢNH 11

04.02 CÂY PHƯƠNG PHÁP TIẾP CẬN BÀI TOÁN 12

04.03 MÔ HÌNH PHƯƠNG PHÁP TIẾP CẬN BÀI TOÁN 12

CHƯƠNG 05. PHƯƠNG PHÁP GIẢI QUYẾT BÀI TOÁN 13

05.01 LỰA CHỌN ĐỐI TƯỢNG 13

05.02 LẤY MASK ĐỐI TƯỢNG 15

05.03 XÓA ĐỐI TƯỢNG 17

05.03.01 SINH ẢNH NĂNG LƯỢNG 17

05.03.01.1 CÔNG THỨC 17

05.03.01.2 HƯỚNG TIẾP CẬN 18

05.03.02 TÍNH SỐ LƯỢNG ĐƯỜNG SEAM 18

05.03.03 THIẾT LẬP ĐƯỜNG SEAM 20

05.03.03.1 XÂY DỰNG BẢN ĐỒ SEAM 20

05.03.03.2 CHỌN ĐƯỜNG SEAM CÓ MỨC NĂNG LƯỢNG NHỎ NHẤT 21

05.03.04 XÓA ĐƯỜNG SEAM 23

05.03.05 XÓA ĐỐI TƯỢNG KHỎI HÌNH ẢNH 25

05.04 KHÔI PHỤC KÍCH THƯỚC HÌNH ẢNH 27

05.04.01 LƯU LẠI CÁC ĐƯỜNG SEAM 27

05.04.02 CHÈN ĐƯỜNG SEAM 28

CHƯƠNG 06. CÀI ĐẶT VÀ THỰC NGHIỆM 30

CHƯƠNG 07. DEMO 33

CHƯƠNG 08. KẾT LUẬN 34

08.01 ƯU ĐIỂM 34

08.02 HẠN CHẾ 34

CHƯƠNG 09. HƯỚNG PHÁT TRIỂN 35

CHƯƠNG 10. TÀI LIỆU THAM KHẢO 35

CHƯƠNG 11. BẢNG PHÂN CÔNG CÔNG VIỆC 36

CHƯƠNG 12. LỜI CẢM ƠN 36

# TÓM TẮT

Các nội dung trong báo cáo gồm có:

* **0**: Tóm tắt toàn bộ nội dung báo cáo
* **CHƯƠNG 02**: Giới thiệu hoàn cảnh của bài toán xóa đối tượng sử dụng Seam Carving, giới thiệu bài toán.
* **0**: Mô tả các thao tác quan trọng với Seam Carving, sơ lược cách thức hoạt động trong thao tác xóa đối tượng của Seam Carving, minh họa cho bài toán và mô hình hóa bài toán.
* **CHƯƠNG 04**: Mô tả phương pháp tiếp cận bài toán, cây phương pháp tiếp cận và mô hình tổng thể phương pháp tiếp cận.
* **CHƯƠNG 05**: Chi tiết phương pháp giải quyết bài toán
* **CHƯƠNG 06**: Các hàm cài đặt thực nghiệm và mô tả chi tiết
* **0**: Link video quá trình thực hiện và file GIF
* **CHƯƠNG 08**: Kết luận, các ưu điểm và hạn chế của bài toán
* **CHƯƠNG 09**: Các hướng phát triển đề xuất cho bài toán
* **CHƯƠNG 10**: Các nguồn tài liệu và link tham khảo
* **CHƯƠNG 11**: Bảng phân công công việc nhóm
* **CHƯƠNG 12**: Lời cảm ơn

# GIỚI THIỆU

|  |
| --- |
| SEAM CARVING  Sự đa dạng và tính linh hoạt của các thiết bị hiển thị ngày nay đặt ra những nhu cầu mới về phương tiện kỹ thuật số. Việc hỗ trợ thay đổi động của bố cục trang, văn bản để thích ứng với các nội dung trang web và bố cục khác nhau của các thiết bị khác nhau là vấn đề mang tính cần thiết. Hình ảnh – biểu diễn phổ biến và quan trọng nhất của phương tiện kỹ thuật số thường vẫn có kích thước cứng và không thể biến dạng tự động để phù hợp với các bố cục khác nhau. Ngoài ra, để vừa với kích thước ipad, điện thoại di động hoặc để in ấn trên một khổ giấy hay độ phân giải nhất định, kích thước của hình ảnh cần phải thay đổi.  Cropping là giải pháp đơn giản để thay đổi kích thước hình ảnh, tuy nhiên nó bị hạn chế vì chỉ có thể loại bỏ các pixel khỏi cạnh biên hình ảnh. Do đó, tiêu chuẩn thay đổi kích thước hình ảnh hiệu quả có thể đạt được bằng cách xem xét nội dung hình ảnh thay vì các ràng buộc hình học.  Dựa trên tiêu chuẩn thay đổi kích thước hình ảnh trên, Sahi Avidan và Ariel Shamir đề xuất một thuật toán hình ảnh đơn giản, gọi là Seam Carving – thuật toán thay đổi kích thước hình ảnh có nhận thức nội dung. |

# XÓA ĐỐI TƯỢNG SỬ DỤNG SEAM CARVING

## Thuật toán Seam Carving

Khác với Cropping, thuật toán đề xuất có thể thay đổi kích thước hình ảnh bằng cách xóa hoặc chèn pixel một cách có trật tự vào các phần khác nhau của hình ảnh.

Seam Carving sử dụng một hàm năng lượng (**Energy function**) để xác định mức năng lượng của các pixels, mức năng lượng này ứng với tầm quan trọng của các pixels đó trong hình ảnh gốc. Đường Seam là một đường kết nối các pixel năng lượng thấp băng qua hình ảnh từ trên xuống dưới hoặc từ trái sang phải. Bằng cách loại bỏ các đường Seam đó, chúng ta có thể giảm kích thước hình ảnh hoặc chèn liên tiếp các đường Seam để có được hình ảnh có kích thước lớn hơn theo cả 2 hướng. Để giảm kích thước hình ảnh, lựa chọn xóa các đường Seam thỏa mãn sau khi xóa vẫn có thể giữ được cấu trúc của hình ảnh và hình ảnh không trở nên quá bất thường. Tương tự, để phóng to hình ảnh, các đường Seam được lựa chọn phải có thứ tự chèn đảm bảo sự cân bằng giữa nội dung hình ảnh gốc và các pixels được chèn.

Xóa đối tượng sử dụng Seam Carving lấy ý tưởng dựa trên việc xóa các đường Seam có mức năng lượng thấp với việc thiết lập các pixel biểu diễn đối tượng cần xóa một mức năng lượng cực thấp để đảm bảo các đường Seam bị xóa sẽ đi qua đối tượng.

## Minh họa bài toán

|  |  |
| --- | --- |
| Ảnh gốc | A picture containing sky, outdoor, boat, cloudy  Description automatically generated |
| Xác định đối tượng cần xóa | A bird flying near a tower  Description automatically generated with low confidence |
| Thiết lập các đường Seam cần xóa | A picture containing text, map  Description automatically generated |
| Hình ảnh sau khi xóa đối tượng | A picture containing outdoor, building, tower, cloudy  Description automatically generated |

## Mô hình hóa bài toán

### Input

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Một tấm hình | Hình mặt nạ đối tượng cần xóa | Hình mặt nạ đối tượng cần bảo vệ |
| A picture containing sky, outdoor, boat, cloudy  Description automatically generated | A picture containing night sky  Description automatically generated | A picture containing silhouette  Description automatically generated |

### Output

|  |  |
| --- | --- |
| Ảnh sau khi xóa đối tượng | A picture containing outdoor, sky, building, tower  Description automatically generated |

### Constraint

Hình ảnh đầu vào và ảnh kết quả của bài toán phải có kích thước bằng nhau.

Nội dung hình ảnh còn lại sau khi xóa đối tượng không quá bất thường, tức là các đối tượng còn lại trong hình ảnh giữ nguyên bố cục ban đầu, không bóp méo hay bị nhòe

# PHƯƠNG PHÁP TIẾP CẬN BÀI TOÁN

Quy trình xây dựng phương pháp tiếp cận bài toán bao gồm 4 bước chính:

* Bước 1: Lựa chọn đối tượng *(\*)*
* Bước 2: Lấy mask đối tượng
* Bước 3: Xóa đối tượng
* Bước 4: Khôi phục lại kích thước hình ảnh

*(\*) Cho phép điều khiển tương tác, quá trình lựa chọn được thực hiện bởi người dùng*

## Phương pháp tiếp cận bài toán

### Lựa chọn đối tượng

Thao tác lựa chọn đối tượng cho phép lựa chọn **đối tượng cần xóa** – đối tượng sẽ hoàn toàn mất đi ở hình ảnh đầu ra và **đối tượng cần bảo vệ** – đối tượng sẽ được giữ lại ở hình ảnh đầu ra nhưng không đảm bảo toàn vẹn cấu trúc

### Lấy mask đối tượng

Lấy mask đối tượng cần xóa và đối tượng cần bảo vệ đã lựa chọn ở bước 1 với ảnh mask được biểu diễn ở dạng ***binary*** – hai màu trắng và đen, trong đó đối tượng được lựa chọn sẽ biểu diễn màu trắng, phần background và phần còn lại biểu diễn màu đen.

### Xóa đối tượng

Áp dụng cơ chế vận hành của thuật toán Seam Carving:

* Sinh ảnh năng lượng xác định các pixels chứa ít hay nhiều thông tin quan trọng (mức năng lượng của pixels)
* Đầu ra là một ma trận năng lượng của các pixels
* Tính toán số đường Seam cần xóa
* Số lượng đường Seam cần xóa để xóa hoàn toàn đối tượng khỏi hình ảnh ban đầu
* Thiết lập các đường Seam có tổng năng lượng nhỏ nhất
* Đầu ra là đường Seam có tổng năng lượng nhỏ nhất (chứa ít thông tin quan trọng nhất)
* Xóa đường Seam đã được thiết lập khỏi hình ảnh theo chiều đã thiết lập
* Nếu xóa theo chiều dọc, các pixels bên phải đường Seam bị xóa sẽ đẩy qua bên trái
* Nếu xóa theo chiều ngang, các pixels bên dưới đường Seam bị xóa sẽ đẩy lên bên trên
* Đầu ra là hình ảnh với kích thước nhỏ hơn hình ảnh gốc

### Khôi phục kích thước hình ảnh

Áp dụng cơ chế vận hành của thuật toán Seam Carving tương tự như ở bước **04.01.03** , nhưng thay vì xóa các đường Seam, ta chèn các đường Seam để khôi phục kích thước của hình ảnh.

* Sinh ảnh năng lượng từ hình ảnh đã xóa đối tượng
* Đầu ra là một ma trận năng lượng của các pixels
* Tính toán số đường Seam cần khôi phục
* Số lượng đường Seam cần khôi phục bằng với số lượng đường Seam đã xóa ở **04.01.03**
* Lưu lại các đường Seam cần khôi phục
* Đầu ra là một danh sách chứa các đường Seam cần khôi phục
* Chèn các đường Seam trong danh sách lưu trữ vào hình ảnh đã xóa đối tượng
* Hình ảnh xóa đối tượng với kích thước bằng kích thước ảnh gốc

## Cây phương pháp tiếp cận bài toán

Diagram

Description automatically generated

**Hình 4.2. Cây phương pháp tiếp cận bài toán**

## Mô hình phương pháp tiếp cận bài toán

Diagram

Description automatically generated

**Hình 4.3. Mô hình phương pháp tiếp cận bài toán**

# PHƯƠNG PHÁP GIẢI QUYẾT BÀI TOÁN

## Lựa chọn đối tượng

|  |  |
| --- | --- |
| Mục tiêu | Xác định được đối tượng cần xóa và đối tượng cần bảo vệ |
| Input | Hình ảnh đầu vào |
| Ouput | Hình ảnh ban đầu với vùng đánh dấu đối tượng cần xóa và đối tượng cần bảo vệ |

Không có bất kì tham số nào trong quá trình loại bỏ hoặc chèn đường Seam. Tuy nhiên, để cho phép điều khiển tương tác, chúng tôi cung cấp giao diện người dùng dựa trên các nét vẽ nguệch ngoạc bằng chuột để thêm trọng số vào năng lượng của các pixel trên hình ảnh và điều chỉnh các kết quả có thể xảy ra mong muốn.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| A picture containing sky, outdoor, flying, air  Description automatically generated  **Hình 5.1.1. Hình ảnh ban đầu** | | |
| A group of birds flying in front of the eiffel tower  Description automatically generated  **Hình 5.1.2. Hình ảnh chọn đối tượng cần xóa (vùng màu đen)** |  | A picture containing sky, outdoor, flying, day  Description automatically generated  **Hình 5.1.3. Hình ảnh chọn đối tượng cần bảo vệ (vùng màu đen)** |

Xác định đối tượng cần xóa, bảo vệ và thực hiện các nét vẽ nguệch ngoạc bao phủ hoàn toàn phạm đối tượng và những vùng cần xóa, bảo vệ tương ứng

*Lưu ý: Đối tượng cần xóa và đối tượng cần bảo vệ được vẽ trên 2 hình ảnh xuất hiện tuần tự (không vẽ 2 loại đối tượng trên cùng 1 lần xuất hiện hình ảnh)*

Một số keycap bắt sự kiện bàn phím để vẽ chính xác và tiện hơn:

* Nút  đại diện cho *“increase”*: Tăng kích thước nét vẽ
* Nút  đại diện cho *“decrease”*: Giảm kích thước nét vẽ
* Nút : Tăng, giảm nhanh kích thước nét vẽ với tập giá trị
* Nút : Xác nhận vẽ xong và kết thúc

|  |
| --- |
| A picture containing grass, sky, outdoor  Description automatically generated  **Hình 5.1.4. Minh hoạ các loại nét vẽ có thể được sử dụng cho phù hợp với kích thước đối tượng trong quá trình lựa chọn đối tượng** |

## Lấy mask đối tượng

|  |  |
| --- | --- |
| Mục tiêu | Lấy ảnh mask |
| Input | Hình ảnh đầu vào |
| Ouput | Hình ảnh ban đầu với vùng đánh dấu đối tượng cần xóa và đối tượng cần bảo vệ |

Mask đối tượng được lấy sử dụng cách tiếp cận ***Brute force (vét cạn)***

|  |
| --- |
| **Hình 5.2.1. Thuật toán vét cạn tạo hình ảnh mask trắng đen** |

* Hình ảnh được vẽ ở bước lựa chọn đối tượng (mục **05.01**) tiến hành 2 vòng lặp duyệt qua dòng và cột của ma trận pixels.
* Các pixels mang giá trị sẽ được chuyển thành trong ảnh mask, các pixels còn lại chuyển thành . Do đó, ảnh mask sẽ mang 2 giá trị trắng đen với vùng màu trắng là vùng được chọn, phần còn lại màu đen là background và các đối tượng khác.

Đối tượng cần xóa và đối tượng cần bảo vệ được vẽ trên 2 hình ảnh riêng biệt nên ảnh mask của 2 đối tượng cũng riêng biệt

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| A picture containing sky, outdoor, flying, air  Description automatically generated  **Hình 5.2.2. Hình ảnh ban đầu** | | |
| A group of birds flying in front of the eiffel tower  Description automatically generated  **Hình 5.2.3. Hình ảnh chọn đối tượng cần xóa (vùng màu đen)** |  | A picture containing sky, outdoor, flying, day  Description automatically generated  **Hình 5.2.4. Hình ảnh chọn đối tượng cần bảo vệ (vùng màu đen)** |
| A white bird in the sky  Description automatically generated with low confidence  **Hình 5.2.5. Ảnh mask đối tượng cần xóa** |  | A white flame on a black background  Description automatically generated with medium confidence  **Hình 5.2.6. Ảnh mask đối tượng cần bảo vệ** |

## Xóa đối tượng

### Sinh ảnh năng lượng

|  |  |
| --- | --- |
| Mục tiêu | Tạo bản đồ năng lượng của hình ảnh |
| Input | Hình ảnh đầu vào |
| Ouput | Bản đồ năng lượng của hình ảnh dạng ma trận năng lượng các pixel |

Ảnh năng lượng là ảnh thể hiện những pixel mang thông tin quan trọng hay ít quan trọng, thông tin đó gọi là năng lượng của pixel tại mỗi điểm. Việc xác định chính xác năng lượng của pixel giúp xác định chính xác các pixel cần xóa (chứa ít thông tin), đảm bảo được tính bình thường của ảnh đầu ra.

#### Công thức

* Năng lượng tại mỗi điểm được xác định theo công thức:

Trong đó

* : Hình ảnh (Image)
* : Năng lượng tại điểm pixel
* : Độ biến thiên các pixel lân cận theo trục dọc
* : Độ biến thiên các pixel lân cận theo trục ngang
* Minh họa

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |

#### Hướng tiếp cận

Các nghiên cứu Seam Carving chỉ ra có nhiều cách sinh ảnh năng lượng khác nhau. Thuật toán phát hiện cạnh **Canny** có giai đoạn làm mịn ảnh để khử nhiễu[[1]](#footnote-1). Do đó, các đối tượng chính trong ảnh sẽ có mức năng lượng cao hơn so với các đối tượng phụ.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| A picture containing sky, outdoor, flying, air  Description automatically generated  **Hình 5.3.1. Ảnh gốc** |  | A picture containing outdoor, field, white  Description automatically generated  **Hình 5.3.2. Bản đồ năng lượng** |
| A picture containing text  Description automatically generated  **Hình 5.3.3. Thuật toán sinh ảnh năng lượng** | | |

### Tính số lượng đường Seam

|  |  |
| --- | --- |
| Mục tiêu | Tính toán số lượng đường Seam vừa đủ để xóa đối tượng khỏi hình ảnh |
| Input | Ảnh mask chứa vùng đối tượng cần xóa |
| Ouput | Một giá trị nguyên thể hiện số đường Seam cần xóa |

Ý tưởng: Từ ảnh mask đối tượng cần xóa đã có ở bước **05.02**, duyệt qua hình ảnh từ trái sang phải và từ trên xuống dưới, tính tổng theo các cột có trong hình ảnh, số lượng cột có tổng khác 0 là giá trị cần tìm.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Text  Description automatically generated with medium confidence  **Hình 5.3.4. Thuật toán tính số đường Seam cần xóa** |  | maskDelete: Ảnh mask đối tượng cần xóa  axis=1: tính tổng theo cột  np.where: Kiểm tra điều kiện |

Ảnh mask mang 2 giá trị (0 và 255), với đối tượng thể hiện giá trị 255 và background thể hiện giá trị 0. Do đó, các cột có tổng khác 0 là các cột có chứa giá trị 255 (có chứa thành phần của đối tượng)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| A crescent moon in the sky  Description automatically generated with low confidence  **Hình 5.3.5. Ảnh mask đối tượng cần xóa** | |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 255 | 255 | 255 | 255 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |   **Hình 5.3.6. Ảnh mask đối tượng cần xóa dạng ma trận các pixel** |
| |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 255 | 255 | 255 | 255 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 765 | 765 | 1020 | 255 | 0 | 0 | 0 | 0 |     **Hình 5.3.7. Tính tổng các cột** | |

Dựa vào hình **5.3.7**, số lượng đường Seam cần xóa là 4, vì có 4 giá trị khác 0

### Thiết lập đường Seam

|  |  |
| --- | --- |
| Mục tiêu | Chọn ra được đường Seam chứa ít thông tin quan trọng nhất trong hình ảnh |
| Input | Bản đồ năng lượng |
| Ouput | Đường Seam có mức năng lượng nhỏ nhất trong hình ảnh |

#### Xây dựng bản đồ Seam

Bản đồ Seam được xây dựng từ bản đồ năng lượng đã được thiết lập ở **05.03.01** bằng cách áp dụng kỹ thuật quy hoạch động.

Ý tưởng: Trên bản đồ Seam, giá trị tại một điểm ảnh thuộc hàng bằng giá trị tại điểm ảnh đó trên Energy map cộng với giá trị liền kề nhỏ nhất nằm ở hàng .

Công thức xây dựng bản đồ Seam tại điểm ảnh :

* : Seam map
* : Energy map
* *Lưu ý: Công thức trên chỉ ra rằng giá trị ở hàng đầu tiên của sẽ là giá trị hàng đầu tiên của (vì hàng đầu tiên thì không có hàng ở trên để tính toán. Từ các hàng tiếp theo sẽ áp dụng công thức trên*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | 10 | 5 | 4 | 12 | | 26 | 23 | 6 | 3 | | 2 | 11 | 8 | 5 | | 43 | 22 | 1 | 3 |   (a) | |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | 10 | 5 | 4 | 12 | | 31 |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |  |  |   (b) | |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | 10 | 5 | 4 | 12 | | 31 | 27 |  |  | |  |  |  |  | |  |  |  |  |   (c) |
|  | |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | 10 | 5 | 4 | 12 | | 31 | 27 | 10 | 7 | | 29 | 21 | 15 | 12 | | 64 | 37 | 13 | 15 |   (d) |  |
| **Hình 5.3.8. Minh họa thao tác tính toán tại một điểm trên Seam Map**   1. Bản đồ năng lượng 2. Giá trị liền kề nằm trên ô 3. Chọn giá trị liền kề nằm trên nhỏ nhất và cập nhật giá trị tại ô 4. Bản đồ Seam | | |

#### Chọn đường Seam có mức năng lượng nhỏ nhất

Từ bản đồ Seam được xây dựng ở mục **05.03.03.1**, để chọn được đường Seam chứa ít thông tin quan trọng nhất (có mức năng lượng thấp nhất), tiến hành truy xuất ngược từ dưới lên. Tại điểm ảnh thuộc hàng , lựa chọn điểm ảnh có giá trị liền kề nhỏ nhất nằm ở hàng .

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | 10 | 5 | 4 | 12 | | 31 | 27 | 10 | 7 | | 29 | 21 | 15 | 12 | | 64 | 37 | 13 | 15 |   (a) | |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | 10 | 5 | 4 | 12 | | 31 | 27 | 10 | 7 | | 29 | 21 | 15 | 12 | | 64 | 37 | 13 | 15 |   (b) | |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | 10 | 5 | 4 | 12 | | 31 | 27 | 10 | 7 | | 29 | 21 | 15 | 12 | | 64 | 37 | 13 | 15 |   (c) |
|  | |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | 10 | 5 | 4 | 12 | | 31 | 27 | 10 | 7 | | 29 | 21 | 15 | 12 | | 64 | 37 | 13 | 15 |   (d) | |  |  |  | | --- | --- | --- | | 10 | 2 | 4 | | 31 | 3 | 10 | | 29 | 3 | 15 | | 64 | 2 | 13 |   (e) |
| **Hình 5.3.9. Minh họa thao tác tìm đường Seam có năng lượng nhỏ nhất**   1. Bản đồ Seam 2. Bước đầu tiên, chọn giá trị nhỏ nhất hàng cuối cùng và tìm giá trị nhỏ nhất nằm liền kề ở hàng trên 3. Thực hiện tương tự cho đến khi đạt hàng đầu tiên 4. Hoàn thành tìm kiếm đường Seam nhỏ nhất 5. Ánh xạ kết quả với bản đồ năng lượng để tìm đường Seam tương ứng   ***Lưu ý quan trọng****: Kết quả trả về của đường Seam là các* ***index*** *của các Pixel nằm trên đường Seam đó, không phải giá trị của pixel* | | |
| A person jumping in the air with a tower in the background  Description automatically generated with low confidence  **Hình 5.3.10. Demo 100 đường Seam được lựa chọn trong hình ảnh** | | |

**Nhận xét**: Thuật toán lựa chọn các đường Seam tương đối tốt, các đường Seam không đi qua các đối tượng chính trong hình ảnh (tòa tháp và con người)

### Xóa đường Seam

|  |  |
| --- | --- |
| Mục tiêu | Xóa đường Seam đã chọn khỏi hình ảnh |
| Input | Ảnh đầu vào  Mảng một chiều chứa các index của các pixel nằm trên đường Seam |
| Ouput | Hình ảnh sau khi xóa đường Seam |

**Ý tưởng:**

* Cho ảnh ban đầu kích thước .
* Khởi tạo ảnh kết quả với kích thước , ảnh sau khi xóa đường Seam sẽ nhỏ hơn ảnh gốc 1 pixels theo chiều ngang.
* Áp đường Seam cần xóa lên hình ảnh gốc, các pixel nằm bên trái đường Seam sẽ giữ nguyên giá trị trong ảnh kết quả, các giá trị nằm bên phải đường Seam sẽ dịch sang trái 1 pixel.

**Thao tác xóa đường Seam**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Graphical user interface, text  Description automatically generated  **Hình 5.3.11. Thuật toán thực hiện thao tác xóa đường Seam** |  | result: Ảnh kết quả |

**Minh họa thuật toán xóa đường Seam**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 11 | 3 | 21 | 2 | 4 | 2 | 2 | 23 | 5 | 32 | | 2 | 0 | 23 | 3 | 7 | 32 | 21 | 2 | 23 | 3 | | 4 | 57 | 4 | 1 | 88 | 1 | 41 | 3 | 21 | 23 | | 2 | 32 | 2 | 42 | 9 | 23 | 11 | 5 | 4 | 2 | | 4 | 4 | 1 | 3 | 2 | 21 | 5 | 4 | 12 | 3 | | 4 | 1 | 44 | 1 | 34 | 23 | 15 | 3 | 31 | 23 | | 12 | 34 | 2 | 22 | 53 | 1 | 15 | 6 | 23 | 2 | | 32 | 3 | 5 | 22 | 22 | 31 | 1 | 54 | 13 | 32 | | 13 | 17 | 2 | 41 | 11 | 3 | 5 | 36 | 1 | 3 | | 4 | 4 | 5 | 21 | 23 | 43 | 35 | 5 | 31 | 2 |   (a) | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | |  |  |  |  | 0 |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | 2 |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | 2 |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | 2 |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | 3 |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | 4 |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | 5 |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | 5 |  |  |  |  |  |   (b) |
| |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 11 | 3 | 21 | 2 | 4 | 2 | 2 | 23 | 5 | 32 | | 2 | 0 | 23 | 3 | 7 | 32 | 21 | 2 | 23 | 3 | | 4 | 57 | 4 | 1 | 88 | 1 | 41 | 3 | 21 | 23 | | 2 | 32 | 2 | 42 | 9 | 23 | 11 | 5 | 4 | 2 | | 4 | 4 | 1 | 3 | 2 | 21 | 5 | 4 | 12 | 3 | | 4 | 1 | 44 | 1 | 34 | 23 | 15 | 3 | 31 | 23 | | 12 | 34 | 2 | 22 | 53 | 1 | 15 | 6 | 23 | 2 | | 32 | 3 | 5 | 22 | 22 | 31 | 1 | 54 | 13 | 32 | | 13 | 17 | 2 | 41 | 11 | 3 | 5 | 36 | 1 | 3 | | 4 | 4 | 5 | 21 | 23 | 43 | 35 | 5 | 31 | 2 |   (c) | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 3 | 21 | 2 | 4 | 2 | 2 | 23 | 5 | 32 |  | | 2 | 23 | 3 | 7 | 32 | 21 | 2 | 23 | 3 |  | | 4 | 57 | 1 | 88 | 1 | 41 | 3 | 21 | 23 |  | | 2 | 32 | 42 | 9 | 23 | 11 | 5 | 4 | 2 |  | | 4 | 1 | 3 | 2 | 21 | 5 | 4 | 12 | 3 |  | | 4 | 1 | 1 | 34 | 23 | 15 | 3 | 31 | 23 |  | | 12 | 34 | 2 | 53 | 1 | 15 | 6 | 23 | 2 |  | | 32 | 3 | 5 | 22 | 31 | 1 | 54 | 13 | 32 |  | | 13 | 17 | 2 | 41 | 11 | 5 | 36 | 1 | 3 |  | | 4 | 4 | 5 | 21 | 23 | 35 | 5 | 31 | 2 |  |   (d) |
| **Hình 5.3.12. Minh họa thao tác xóa đường Seam**   1. Hình ảnh ban đầu 2. Mảng một chiều chứa các index của các pixel nằm trên đường Seam cần xóa 3. Áp đường Seam lên hình ảnh 4. Xóa đường Seam | |

### Xóa đối tượng khỏi hình ảnh

|  |  |
| --- | --- |
| Mục tiêu | Xóa hoàn toàn đối tượng được lựa chọn khỏi hình ảnh |
| Input | Ảnh kích thước |
| Ouput | Hình ảnh sau khi xóa đối tượng |

Kết hợp những bài toán nhỏ đã được mô tả trên, phương pháp xóa đối tượng khỏi hình ảnh được thực hiện với các bước:

* ***Bước 1***: Lấy mask đối tượng cần xóa và bảo vệ
* ***Bước 2***: Tính số lượng đường Seam cần xóa
* ***Bước 3***: Sinh ảnh năng lượng
* ***Bước 4***: Thiết lập và tính toán đường Seam cần xóa (đường Seam có mức năng lượng nhỏ nhất)
* ***Bước 5***: Xóa đường Seam được thiết lập ở bước 4
* ***Bước 6***: Lặp lại bước 3 cho tới khi xóa đủ số lượng đường Seam cần thiết

***Bước 4*** là bước quan trọng nhất, thuật toán Seam Carving ưu tiên xóa các đường Seam có mức năng lượng nhỏ nhất, do đó, không thể đảm bảo rằng các đường Seam đó luôn đi qua đối tượng cần xóa. Để xóa hoàn toàn đối tượng khỏi hình ảnh, các đường Seam được chọn ở mỗi lần lặp phải đi qua vùng đối tượng cần xóa. Và để đảm bảo điều này, thiết lập mức năng lượng của các pixel trong vùng đối tượng cần xóa là cực kì nhỏ. Tương tự với đối tượng cần bảo vệ, để đảm bảo đối tượng cần bảo vệ toàn vẹn bố cục sau khi xóa đối tượng khác, chỉ cần thiết lập mức năng lượng ở các pixel thuộc vùng đối tượng cần bảo vệ cực kì lớn để đảm bảo đường Seam ở mỗi vòng lặp không đi qua đối tượng cần bảo vệ. Tóm lại, phương pháp ràng buộc để xóa và bảo vệ đối tượng tương tự nhưng ngược nhau. Ý tưởng thực hiện như sau:

* Sinh ảnh năng lượng.
* Áp ảnh mask đối tượng cần xóa và bảo vệ lên ảnh năng lượng.
* Tại vị trí có mask đối tượng cần xóa (các pixel mang giá trị ), thiết lập các pixel ở vị trí tương ứng trên ảnh năng lượng thành (với là một giá trị cực kì nhỏ).
* Tại vị trí có mask đối tượng cần bảo vệ (các pixel mang giá trị ), thiết lập các pixel ở vị trí tương ứng trên ảnh năng lượng thành (với là một giá trị cực kì lớn).

Với phương pháp trên, các pixel tại vị trí đối tượng cần xóa là cực kì nhỏ, đảm bảo đường Seam sẽ đi qua các pixel đó. Tương tự, các pixel tại vị trí đối tượng cần bảo vệ là cực kì lớn, đảm bảo các đường Seam sẽ không đi qua các pixel đó. Tuy nhiên, trong trường hợp kích thước hình ảnh co lại còn đúng kích thước của đối tượng cần bảo vệ mà vẫn chưa xóa đủ số lượng đường Seam cần xóa thì dĩ nhiên các đường Seam còn lại sẽ đi qua đối tượng cần bảo vệ.

**Minh họa cho phương pháp thiết lập mức năng lượng cực đại và cực tiểu:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| A picture containing sky, outdoor, flying, air  Description automatically generated  (a) | | |
| A white bird in the sky  Description automatically generated with low confidence  (b) | A picture containing outdoor, field, white  Description automatically generated  (c) | A white flame on a black background  Description automatically generated with medium confidence  (d) |
| |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 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 | 255 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 255 | 255 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 255 | 255 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |   (e) | |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 3 | 3 | 2 | 6 | 3 | 4 | 2 | | 2 | 5 | 221 | 11 | 22 | 21 | 13 | | 4 | 6 | 206 | 21 | 65 | 5 | 11 | | 11 | 157 | 192 | 31 | 31 | 24 | 28 | | 9 | 221 | 90 | 12 | 31 | 57 | 64 | | 12 | 241 | 203 | 13 | 90 | 98 | 67 | | 22 | 132 | 225 | 99 | 222 | 98 | 78 | | 44 | 64 | 148 | 31 | 41 | 54 | 63 |   (f) | |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 255 | 255 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 255 | 255 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 255 | 255 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |   (g) |
| |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 3 | 3 | 2 | 6 | 3 | 4 | 2 | | 2 | 5 |  | 11 | 22 | 21 | 13 | | 4 | 6 |  | 21 | 65 | 5 | 11 | | 11 |  |  | 31 | 31 | 24 | 28 | | 9 |  |  | 12 |  | 57 | 64 | | 12 |  |  | 13 |  |  | 67 | | 22 | 132 |  |  |  | 98 | 78 | | 44 | 64 | 148 | 31 | 41 | 54 | 63 |   (h) | | |
| **Hình 5.3.13. Thiết lập mức năng lượng cực đại và cực tiểu**   1. Ảnh ban đầu 2. Mask đối tượng cần xóa 3. Bản đồ năng lượng 4. Mask đối tượng cần bảo vệ 5. Mask đối tượng cần xóa dạng ma trận pixels 6. Bản đồ năng lượng dạng ma trận pixels 7. Mask đối tượng cần bảo vệ dạng ma trận pixels 8. Thiết lập mức năng lượng cực đại và cực tiểu trên ảnh năng lượng   là giá trị cực lớn và là giá trị cực nhỏ (Source code thiết lập lần lượt là và ) | | |

## Khôi phục kích thước hình ảnh

### Lưu lại các đường Seam

|  |  |
| --- | --- |
| Mục tiêu | Lưu lại các đường Seam để chèn vào hình ảnh |
| Input | Ảnh kích thước (ảnh đã xóa đối tượng) |
| Ouput | Tập hợp các đường Seam dùng khôi phục hình ảnh, mỗi dường Seam là một vector có độ dài |
| Constraint | Kích thước ảnh còn lại sau khi xóa đối tượng không dưới kích thước ảnh gốc |

Sau khi xóa đối tượng, kích thước hình ảnh còn lại sau khi xóa nhỏ hơn kích thước hình ảnh gốc pixels theo chiều ngang (với là số đường Seam đã xóa). Tiến hành xóa thêm đường Seam trên ảnh đã xóa hình ảnh và thực hiện thao tác lưu trữ các đường Seam đã xóa. Sau khi có đường Seam được lưu trữ, chèn đường Seam đó vào hình ảnh đã xóa đối tượng, ta được hình ảnh mới bằng với kích thước hình ảnh gốc.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| A picture containing sky, outdoor, flying, air  Description automatically generated  (a) | A group of birds flying in front of the eiffel tower  Description automatically generated  (b) | A picture containing sky, outdoor  Description automatically generated  (c) |
| **Hình 5.4.1. Các giai đoạn biến thể của hình ảnh**   1. Ảnh đầu vào 2. Ảnh sau khi xóa đối tượng 3. Ảnh sau khi khôi phục | | |

### Chèn đường Seam

|  |  |
| --- | --- |
| Mục tiêu | Chèn đường Seam vào hình ảnh |
| Input | Ảnh kích thước  Mảng một chiều chứa các index của các pixel nằm trên đường Seam |
| Ouput | Hình ảnh sau khi chèn đường Seam |

**Ý tưởng:**

* Cho ảnh ban đầu kích thước
* Khởi tạo ảnh kết quả với kích thước , ảnh sau khi chèn đường Seam sẽ khôi phục 1 pixels hình ảnh theo chiều ngang
* Áp đường Seam cần chèn lên hình ảnh, các pixel nằm bên trái và bên phải đường Seam sẽ giữ nguyên giá trị trong ảnh kết quả, các giá trị nằm trên đường Seam sẽ là giá trị trung bình của của pixel bên trái và pixel bên phải nó.

**Thao tác chèn đường Seam**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Text  Description automatically generated with low confidence  **Hình 5.3.12. Thuật toán thực hiện thao tác chèn đường Seam** |  | tmp: Ảnh kết quả |

**Minh họa thuật toán chèn đường Seam**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 11 | 3 | 21 | 2 | 4 | 2 | 2 | 23 | 5 | | 2 | 0 | 23 | 3 | 7 | 32 | 21 | 2 | 23 | | 4 | 57 | 4 | 1 | 88 | 1 | 41 | 3 | 21 | | 2 | 32 | 2 | 42 | 9 | 23 | 11 | 5 | 4 | | 4 | 4 | 1 | 3 | 2 | 21 | 5 | 4 | 12 | | 4 | 1 | 44 | 1 | 34 | 23 | 15 | 3 | 31 | | 12 | 34 | 2 | 22 | 53 | 1 | 15 | 6 | 23 | | 32 | 3 | 5 | 22 | 22 | 31 | 1 | 54 | 13 | | 13 | 17 | 2 | 41 | 11 | 3 | 5 | 36 | 1 | | 4 | 4 | 5 | 21 | 23 | 43 | 35 | 5 | 31 |   (a) | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | |  |  |  |  | 0 |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | 2 |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | 2 |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | 2 |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | 3 |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | 4 |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | 5 |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | 5 |  |  |  |  |  |   (b) |
| |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 11 | 11 | 3 | 21 | 2 | 4 | 2 | 2 | 23 | 5 | | 2 | 12.5 | 23 | 3 | 7 | 32 | 21 | 2 | 23 | 3 | | 4 | 57 | 29 | 1 | 88 | 1 | 41 | 3 | 21 | 23 | | 2 | 32 | 21 | 42 | 9 | 23 | 11 | 5 | 4 | 2 | | 4 | 2.5 | 1 | 3 | 2 | 21 | 5 | 4 | 12 | 3 | | 4 | 1 | 2 | 1 | 34 | 23 | 15 | 3 | 31 | 23 | | 12 | 34 | 2 | 27.5 | 53 | 1 | 15 | 6 | 23 | 2 | | 32 | 3 | 5 | 22 | 26.5 | 31 | 1 | 54 | 13 | 32 | | 13 | 17 | 2 | 41 | 11 | 8 | 5 | 36 | 1 | 3 | | 4 | 4 | 5 | 21 | 23 | 29 | 35 | 5 | 31 | 2 |   (c) | |
| **Hình 5.3.13. Minh họa thao tác chèn đường Seam**   1. Hình ảnh ban đầu 2. Mảng một chiều chứa các index của các pixel nằm trên đường Seam cần chèn 3. Chèn đường Seam vào hình ảnh | |

# CÀI ĐẶT VÀ THỰC NGHIỆM

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Các hàm cài đặt thực nghiệm | | | |
| STT | **Tên hàm** | **Giá trị trả về** | **Mô tả** |
| 1 | genEnergyMap(img) | Bản đồ năng lượng | Xây dựng bản đồ năng lượng từ hình ảnh đầu vào |
| 2 | genSeamMap(energyMap) | Bản đồ Seam | Xây dựng bản đồ Seam từ bản đồ năng lượng áp dụng kỹ thuật quy hoạch động |
| 3 | getSeamLine(energyMap) | Đường Seam | Từ bản đồ năng lượng, tạo bản đồ Seam, xây dựng đường Seam có mức năng lượng nhỏ nhất bằng cách truy xuất từ dưới lên trong bản đồ Seam |
| 4 | removeSeamLineImg(img, seam) | Hình ảnh xóa 1 đường Seam | Áp đường Seam lên hình ảnh, các giá trị nằm bên trái đường Seam giữ nguyên vị trí, các giá trị nằm bên phải đẩy qua trái 1-pixel, kích thước hình ảnh sau khi xóa nhỏ hơn ảnh ban đầu 1-pixel theo chiều ngang |
| 5 | removeSeamLineMask(mask, seam) | Mask xóa 1 đường Seam | Áp đường Seam lên ảnh mask, các giá trị nằm bên trái đường Seam giữ nguyên vị trí, các giá trị nằm bên phải đẩy qua trái 1-pixel, kích thước ảnh mask sau khi xóa nhỏ hơn ảnh mask ban đầu 1-pixel theo chiều ngang |
| 6 | removeObjectfromMask(img, objectMaskProtect, objectMaskDelete) | 2 giá trị trả về: Hình ảnh sau khi xóa đối tượng và mask bảo vệ đối tượng (hỗ trợ cho thao tác khôi phục ảnh) | Tính số lượng đường Seam cần xóa (), tạo vòng lặp lần, mỗi bước lặp áp ảnh mask cho đối tượng cần xóa và bảo vệ lên hình ảnh, thiết lập giá trị cực đại và cực tiểu tương ứng với mask trên bản đồ năng lượng, xây dựng bản đồ Seam từ bản đồ năng lượng đó và từng bước xóa các đường Seam. Lặp cho đến khi đủ số lượng đường Seam cần xóa. |
| 7 | insertSeam(img,seam) | Hình ảnh chèn 1 đường Seam | Áp đường Seam lên hình ảnh, các giá trị nằm bên trái và bên phải đường Seam giữ nguyên vị trí, các giá trị nằm trên đường Seam được tính bằng trung bình cộng của 2-pixel bên cạnh, kích thước hình ảnh sau khi chèn lớn hơn ảnh ban đầu 1-pixel theo chiều ngang |
| 10 | enlargeImage(img, size, maskInsert) | Hình ảnh kết quả sau khi đã xóa đối tượng và khôi phục ảnh | Từ hình ảnh đã xóa đối tượng, tiếp tục xóa thêm đường Seam và lưu trữ các đường Seam cần xóa vào 1 buffer. Chèn các đường Seam trogn buffer vào hình ảnh đã xóa đối tượng, được hình ảnh kết quả đã xóa đối tượng và kích thước được khôi phục ban đầu |
|  | shiftSeam(bufferSeam, seam) | Buffer chứa các đường Seam | Cập nhật các vị trí các index trong đường Seam vì khi chèn đường Seam theo thứ tự sẽ xảy ra lệch index |
| 12 | visualizeSeam(img, seam, color=COLOR) | Hình ảnh trực quan 1 đường Seam | Hiển thị màu cho các pixels nằm trên đường Seam |
| 11 | drawPractice(img, num=100) | Hình ảnh hiển thị các đường seam | Hiển thị màu có các pixels nằm trên các đường Seam. Đối số num thể hiện số đường Seam được trực quan |
| 13 | produceVideo(videoPath, originalShape) | Ảnh GIF | Ghi lại quá trình xóa và khôi phục hình ảnh |

# KẾT QUẢ VÀ DEMO

* Link Demo thực nghiệm: [Removing Objects using Seam Carving.mp4 - Google Drive](https://drive.google.com/file/d/1JvIQlBT1UyOq7YOlaU5fpZ3uwnCb9nnc/view)
* File GIF demo: [Thư mục - Google Drive](https://drive.google.com/drive/folders/1JxmrmnZsEMeKLJgfHw4keom4RRJ6JsEb)
* Source Code: [HiImKing1509/Removing-Objects-using-Seam-Carving (github.com)](https://github.com/HiImKing1509/Removing-Objects-using-Seam-Carving)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Input | Kích thước | Output | Time |
| A picture containing sky, outdoor, flying, air  Description automatically generated |  | A picture containing sky, outdoor  Description automatically generated | Time Remove: 8.78s  Time Revert: 10.8s |
| Two dogs playing with a ball on a beach  Description automatically generated with medium confidence |  | A dog chasing a ball on a beach  Description automatically generated | Time Remove: 15.36s  Time Revert: 19.28s |
| Two people kissing in front of the eiffel tower  Description automatically generated |  | A picture containing sky, outdoor, tower  Description automatically generated | Time Remove: 15.77s  Time Revert: 21.9s |

# KẾT LUẬN

## Ưu điểm

Thao tác lựa chọn đối tượng cho phép tương tác người dùng, sử dụng chuột như một cây bút vẽ dùng tô vùng đối tượng cần chọn và có thể điều chỉnh kích thước bút phù hợp với kích thước đối tượng. Điều này mang lại sự dễ dàng sử dụng cho người dùng.

Trong các trường hợp hình ảnh đầu vào và cách chọn đối tượng xóa, đối tượng bảo vệ thỏa mãn ràng buộc, thuật toán Seam Carving giúp xóa đối tượng tương đối chính xác và quá trình khôi phục hình ảnh cũng không làm bất thường hình ảnh quá mức.

## Hạn chế

Còn nhiều hạn chế trong phương pháp tiếp cận:

* Thao tác lựa chọn đối tượng bằng chuột cho phép tô vùng đối tượng. Tuy nhiên, nếu tô nhầm hoặc lệch con trỏ chuột, không có thao tác quay lại hành động trước đó, và chấp nhận vùng đối tượng bị lệch hoặc chạy lại chương trình.
* Cách lấy mask đối tượng sử dụng 2 vòng lặp **for** vẫn chưa tối ưu
* Nếu đối tượng cần xóa có bề ngang quá rộng, việc xóa đối tượng tốn khá nhiều thời gian
* Nếu đối tượng cần xóa có kích thước chiều cao nhỏ hơn chiều rộng, việc xóa đối tượng theo chiều cao (các đường Seam nằm ngang đi từ trái sang phải) sẽ giúp cải thiện đáng kể thời gian, nhưng phần cài đặt chưa hỗ trợ thực hiện xóa các đường Seam theo chiều cao.
* Ở thao tác khôi phục hình ảnh, nếu kích thước đối tượng cần xóa vượt quá 50% kích thước ảnh gốc theo chiều ngang, bài toán sẽ không thực hiện thành công
* Cách lấy mask như đã thực hiện trên có xảy ra vấn đề: Bút tô có giá trị màu đen và tại đó giá trị sẽ đặt thành màu trắng. Tuy nhiên, giả sử trong hình ảnh gốc có sẵn một vài pixels có giá trị thì vô tình làm kích thước hình ảnh tăng thêm 1 vài pixels, do đó sau khi xóa hoàn toàn đối tượng, hình ảnh sẽ có xu hướng xóa thêm 1 vài đường Seam nữa, và điều này là không cần thiết.

# HƯỚNG PHÁT TRIỂN

Một trong những hướng phát triển được hướng tới đầu tiên là cho phép xóa đối tượng theo chiều cao (xóa các đường Seam từ trái sang phải) để giảm thiểu thời gian tính toán trong một vài trường hợp đặc biệt.

Tối ưu hóa trải nghiệm người dùng trong thao tác lấy mask đối tượng.

Thực hiện các bước điều chỉnh để có thuật toán thực hiện chính xác và đạt hiệu quả cao hơn.

# TÀI LIỆU THAM KHẢO

GitHub - vivianhylee/seam-carving: Seam Carving for Content Aware Image Resizing. (2022). Retrieved 3 June 2022, from <https://github.com/vivianhylee/seam-carving>

Seam carving - Wikipedia. (2022). Retrieved 3 June 2022, from <https://en.wikipedia.org/wiki/Seam_carving>

Avidan, S., & Shamir, A. (2007). Seam carving for content-aware image resizing. In ACM SIGGRAPH 2007 papers (pp. 10-es).

Seam Carving Algorithm. (2022). Retrieved 3 June 2022, from <https://vnoi.info/wiki/cs/imageprocessing/Seam-Carving.md>

# BẢNG PHÂN CÔNG CÔNG VIỆC

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Tên | Nguyễn Đức Anh Phúc | Huỳnh Viết Tuấn Kiệt | Phan Hoàng Ân |
| MSSV | 20520276 | 20521494 | 16520017 |
| Mức độ tích cực |  |  |  |
| Phân chia công việc |  |  |  |
| Đọc hiểu bài toán |  |  |  |
| Tìm hiểu bài toán |  |  |  |
| Tìm kiếm tài liệu |  |  |  |
| Xây dựng ý tưởng |  |  |  |
| Cài đặt chương trình |  |  |  |
| Kiểm thử chương trình |  |  |  |
| Viết báo cáo |  |  |  |
| Thuyết trình |  |  |  |
| Đánh giá hoàn thành | **100%** | **100%** | **90%** |

# LỜI CẢM ƠN

Cảm ơn trường Đại học Công Nghệ Thông tin đã tạo điều kiện đăng kí môn học Nhập môn Thị giác máy tính (CS231). Cảm ơn TS. Nguyễn Vinh Tiệp đã tận tình hướng dẫn thực hiện đồ án môn học.

1. Tham khảo từ báo cáo liên quan [↑](#footnote-ref-1)